



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ELLA TEIVAINEN

YRITYKSEN TOIMINTAJÄRJESTELMÄN ISO 9001:2015 STAN-
DARDINMUKAISUUSTARKASTELU

Diplomityö

Tarkastajat: professori Pasi Peura ja
professori Jouni Kivistö-Rahnasto
Tarkastajat ja aihe hyväksytty:
TTY/teknisen tieteiden tiedekunnan
kokouksessa
27. syyskuuta 2017

TIIVISTELMÄ

ELLA TEIVAINEN: Yrityksen toimintajärjestelmän ISO 9001:2015 standardin mukaisuustarkastelu

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 72 sivua, 1 liitesivua

Syyskuu 2017

Materiaalitekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Metalliteknologia

Tarkastajat: professori Pasi Peura ja professori Jouni Kivistö-Rahnasto

Avainsanat: laadunhallintajärjestelmä, koneturvallisuus, hitsauslaatu, prosessimallinnus

Tutkimuksessa vertailtiin yrityksen nykyistä toimintamallia ja koneturvallisuusprosessia laadunhallintajärjestelmästandardiin ISO 9001 (2015). Lisäksi tutkittiin yrityksen koneturvallisuusprosessin yhdenmukaisuutta koneturvallisuuden standardin ISO 12100 (2010) kanssa. Vertailun tuloksista analysoitiin, miltä osin toiminta ja prosessit vaativat toimenpiteitä, jotta ne täyttäisivät standardien määritelmät. Työ toimii kohdeyrityksessä pohjatyönä ISO 9001-järjestelmän käyttöönottoon ja laadunhallintajärjestelmän sertifiointiin.

Standardien vertailun pohjatiedoksi valmisteltiin prosessikuvaukset koko organisaation toiminnasta ja koneturvallisuusprosessista. Koko organisaation prosesseista kuvattiin karkeammalla tasolla tunnistetut ydin- ja tukiprosessit. Prosesseihin ja organisaatioon tutustuminen auttoi toiminnan laadunhallintajärjestelmän vertailussa. Vertailemalla organisaation nykytilaa standardin määritelmiin, voitiin todentaa, miltä osin yrityksen toiminta vastaa standardia ja mitkä toiminnot vaativat kehittämistä.

Koneturvallisuusprosessista mallinnettiin karkean kuvauksen lisäksi tarkempi prosessikuvaus vuokaaviomallina. Tarkemman prosessikuvauksen avulla voitiin tunnistaa prosessista sisäiset asiakkaat ja kumppanit sekä niiden tehtävien ja toimintojen vuorovaikutus koneturvallisuusprosessin kanssa. Prosessimuutoksia suunniteltaessa sidosryhmien toimintojen tunnistaminen on otettava huomioon, kun mietitään kehitystoimenpiteitä.

Koneturvallisuusprosessin tärkein tehtävä on varmistaa valmistettavan koneen turvallisuus. Koneen käyttäjälle tai sen lähellä olevien henkilöiden turvallisuus ja terveys eivät saa vaarantua missään koneen toiminnan vaiheessa. Tunnistetut vaarat pyritään poistamaan tai mikäli niitä ei voida poistaa, ne on minimoitava. Kohdeyrityksen riskianalyysin vaatimustenmukaisuus varmistettiin vertailemalla sen dokumentoitua tietoa standardiin ISO 12100 (2010) ja määrittelemällä tarvittavat toimenpiteet vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseksi. Standardeihin vertailun yhteydessä tunnistettiin merkittäviä kehityskohteita, joiden perusteella suunniteltiin korjaavia toimenpiteitä. Työn tulosten perusteella laadunhallintajärjestelmän kehittäminen jatkuu projektiluonteisesti.

Asiakastyytyväisyys on yksi merkittävimmistä tekijöistä, jotka vaikuttavat laadunhallinnan toimintaan. Kohdeyritys esiteltiin laadunhallinnan näkökulmasta, asiakkaan tarpeet huomioiden. Esittelyssä käsiteltiin metalliteknologisia tekijöitä, kuten hitsausvirheitä ja hitsauslaatua, jotka vaikuttavat asiakkaan omaan tuotantoon ja sitä kautta kokemuksiin laitteen laadusta.

ABSTRACT

ELLA TEIVAINEN: Comparison of ISO 9001:2015 Standard for Business Systems of Operation

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 91 pages, 1 Appendix pages

September 2017

Master's Degree Programme in Materials Science

Major: Metallic Materials

Examiner: Professor Pasi Peura and Professor Jouni Kivistö-Rahnasto

Keywords: Quality Management System, Machine Safety Engineering, Welding Quality, Business Process Modeling

In this study the present business systems of operation and the machine safety engineering process were compared to the international standard of quality management systems ISO 9001 (2015). In addition the conformity of the machine safety engineering process and machine safety standard ISO 12100 (2010) was examined. The results from these comparisons were analysed information of what parts of the processes need correction measures to meet the standard qualifications. This study is a foundation work for implementation and certification of quality management systems ISO 9001.

A business process modeling for organization operations and machine safety process as an input for process comparison was prepared. First the meta-level of organization operations containing the general concepts of main- and sub-processes was described. By comparing the present state of the organization with the definitions of the standard, it can be verified in what parts the operation of the company corresponds to the standard and which functions require developing.

In addition to a meta-level description, a more exact process-model was modelled of the machine safety process. With the use of a more exact process description, it was possible to identify the internal customers and partners and interaction of their tasks and functions with the machine safety process. The identification of the functions of interest groups must be taken into consideration while defining process changes when development measures are needed.

The main task of the machine safety process is to ensure the safety of the machine to be manufactured. The aim is to remove risks which are related to the device or to minimize them, if they cannot be removed. The compliance of the risk reduction process requirements was ensured by comparing its functions and documented information to the standard ISO 12100 (2010) and by defining the necessary measures to obtain standard conformity. In comparison with Standards significant targets for development were identified. On the basis of the results of this work the developing of the quality management system continues as a project.

The customer satisfaction is one of the most significant factors that affect the operation of the quality management. The target company of this study was presented from the point of view of the quality management paying attention to the customer's needs. In the introduction metal technological factors, such as welding quality which affect the customer's way to experience the quality of the machine were dealt with.

ALKUSANAT

Alkuvuonna 2017 Pemamekilla valmisteltiin osastokohtainen prosessiselvitys ja laadunhallintajärjestelmän tarpeen arviointi. Arvioinnin tuloksena Pemamekilla päätettiin käynnistää kovassa kasvussa olevan yrityksen laatujärjestelmän kehitystyö. Tämä tutkimus sai alkunsa keväällä 2017, kun Pemamek haki diplomityöntekijää laatuprojektiin, ajatuksena saavuttaa sertifioitu laadunhallintajärjestelmä ISO 9001. Vastaavaa laatuselvitystä on aikaisemmin yrityksessä tehty pienemmällä mittakaavalla, mutta ei koko organisaation kattavasti.

Diplomityön rajauksessa haukattiin hieman liian iso pala kakkua, eikä kaikkia tavoitteita saavutettu tämän projektin aikana. Mukaan mahtui paljon onnistumisia, mutta myös asioita, joita olisi voinut tehdä toisin. Työn edetessä ja laatutietoisuuden kasvaessa, minulle selkeni että laadunhallinnan parissa työskentely olikin osa minun unelma-ammattiani. Nautin kehitystyöstä sekä ihmisten parissa työskentelystä ja olen todella iloinen, että saan jatkaa laadunhallintajärjestelmän kehitystä Pemamekilla.

Valmistumiseni lähestyessä haluan kiittää Jaakko Heikosta, Aki Ojanperää ja Teemu Levomäkeä mahdollisuudesta tehdä diplomityö Pemamek Oy:lle. Heistä erityiskiitoksen ansaitsee työni ohjaaja Teemu Levomäki, joka toimi joustavana, mutta sopivan jämäkänä ja omatoimisuudelle tilaa antavana, mutta tarvittaessa tukea tarjoavana esimiehenä. Haluan myös kiittää Pemamekin naisia, vaikka väititte, että teitä ei tarvitse kiittää. Yhtäkään päivää ei ole kulunut ilman naurua tai vähintään leveää hymyä. Lämminhenkinen, turvallinen ja huumorintäyteinen työilmapiiri on auttanut jaksamaan haastavinakin hetkinä. Eniten olen kiitollinen maailman parhaasta aviomiehestä, joka on tukenut minua koko opintojen ajan, niin hyvässä kuin pahassa. Kiitos Juha-Pekka, että hoidit lapsemme sillä aikaa, kun opiskelin pitkiä päiviä ja pidit minut järjissäni koko tämän projektin ajan. Kiitos myös Riikka miljoonista kannustavista sanoista ja Henriikka kaikesta antamastasi tuesta.

Loimaalla, 16.3.2018

Ella Teivainen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tarkoitus ja tavoitteet.....	1
1.3	Työn sisältö ja osatehtävät	2
2.	LAADUNHALLINTA.....	4
2.1	Laadunhallinnan kehitys	4
2.2	Laadunhallintajärjestelmä	9
2.3	Laatuyritys ja laatujohtamisen elementit.....	10
2.4	Laatukustannukset	13
2.5	Laatuauditointi	16
3.	TYÖN KOHDE JA OSATEHTÄVÄT	19
3.1	Pemamek Oy	19
3.1.1	Hitsausmenetelmät	20
3.1.2	Hitsauslaatu	22
3.1.3	Testaus ja tarkastus	30
3.2	Laadunhallintajärjestelmäselvityksen osatehtävät	32
3.2.1	Organisaation prosessikuvaus	33
3.2.2	Toiminnan ISO 9001 standardinmukaisuus	34
3.3	Koneturvallisuusprosessin vaatimustenmukaisuustarkastelun osatehtävät ..	35
3.3.1	Koneturvallisuusprosessi ja sen sidosryhmät.....	36
3.3.2	Turvallisuussuunnittelun ISO 12100 standardinmukaisuus.....	36
3.3.3	Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 standardinmukaisuus	38
4.	LAADUNHALLINTAJÄRJESTELMÄSELVITYKSEN TULOKSET	39
4.1	Organisaation prosessikuvaus ja ydinprosessit	39
4.1.1	Asiakassuhteiden luominen.....	41
4.1.2	Tilaus-toimitusketju	41
4.1.3	Asiakastuki	43
4.2	Toiminnan ISO 9001 standardinmukaisuus	44
4.2.1	Organisaation toimintaympäristö	44
4.2.2	Johtajuus.....	47
4.2.3	Suunnittelu	48
4.2.4	Tukitoiminnot.....	48
4.2.5	Toiminta	50
4.2.6	Suorituskyvyn arviointi.....	52
4.2.7	Parantaminen	53
5.	KONETURVALLISUUSPROSESSIN VAATIMUSTENMUKAISUUSTARKASTELUN TULOKSET	55
5.1	Koneturvallisuusprosessi ja sen sidosryhmät.....	55
5.1.1	Koneturvallisuusprosessin karkea kuvaus	55

5.1.2	Koneturvallisuusprosessin yksityiskohtainen kuvaus	56
5.1.3	Koneturvallisuusprosessin kehityskohteet	57
5.2	Turvallisuussuunnittelun ISO 12100 standardinmukaisuus	58
5.2.1	Riskin arviointia varten tarvittavat tiedot.....	60
5.2.2	Koneen raja-arvojen määrittäminen.....	60
5.2.3	Vaarojen tunnistaminen	60
5.2.4	Riskin suuruuden ja merkityksen arviointi	61
5.3	Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 standardinmukaisuus	61
5.3.1	Organisaation toimintaympäristö	62
5.3.2	Tukitoiminnot.....	63
5.3.3	Toiminta	63
6.	POHDINTA	65
6.1	Organisaatioprosessien laatujärjestelmänmukaisuus	65
6.2	Koneturvallisuusprosessi.....	67
7.	YHTEENVETO	70
	LÄHTEET.....	71

LIITE A: MALLIESIMERKKI KONETURVALLISUUSPROSESSISTA

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Laatumenetelmien kehitys (perustuu lähteeseen Karjalainen et al. 2006).</i>	5
Kuva 2.	<i>PDCA-toimintamalli (perustuu lähteeseen ISO 9001:2015).</i>	8
Kuva 3.	<i>Shewhartin ja Demingin toimintamallit (perustuu lähteeseen Moen 2009).</i>	9
Kuva 4.	<i>Laatujohtamisen elementit (Leckelin 2002).</i>	11
Kuva 5.	<i>Esimerkki PAF-mallista (perustuu lähteeseen Sower 2011).</i>	14
Kuva 6.	<i>Laatukustannukset suhteessa liikevaihtoon (perustuu lähteeseen Wood 2012).</i>	15
Kuva 7.	<i>Kuvaus todellisista laatukustannuksista (perustuu lähteeseen Wood 2012).</i>	16
Kuva 8.	<i>Auditoinnin vaikutukset ajan suhteen (Leckelin 2002).</i>	18
Kuva 9.	<i>Yleisimmät liitostyypit (perustuu lähteeseen Campbell 2011).</i>	21
Kuva 10.	<i>Lämmönvaikutuksen alaiset vyöhykkeet (HAZ) päittäishitsissä (perustuu lähteeseen Lepola 2005).</i>	22
Kuva 11.	<i>Halkeamaviat (perustuu lähteeseen ISO 6520-1:2008).</i>	24
Kuva 12.	<i>Onteloviat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).</i>	25
Kuva 13.	<i>Sulkeumaviat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).</i>	26
Kuva 14.	<i>Liittymävirheet (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).</i>	26
Kuva 15.	<i>Muoto- ja mittavirheet (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).</i>	27
Kuva 16.	<i>Muut viat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).</i>	29
Kuva 17.	<i>Koesauvojen sijainti testikappaleessa (perustuu lähteeseen ISO 15614-1:2017).</i>	32
Kuva 18.	<i>Prosessin karkea kuvaus, tasot 0–2 (Martinsuo et al. 2010).</i>	33
Kuva 19.	<i>ISO 9001 otsikoinnin muodostama PDCA-rakenne (perustuu lähteeseen ISO 9001:2015).</i>	35
Kuva 20.	<i>Riskin pienentämisprosessi (perustuu lähteeseen ISO 12100:2010).</i>	37
Kuva 21.	<i>Pemamekin ydin- ja tukiprosessien prosessikartta.</i>	40
Kuva 22.	<i>Asiakassuhteiden luominen karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1).</i>	41
Kuva 23.	<i>Tilaus-toimitusketjun karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1).</i>	42
Kuva 24.	<i>Asiakastukiprosessin karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1).</i>	43
Kuva 25.	<i>Koneturvallisuusprosessin vaihekuvaus (taso 1).</i>	56
Kuva 26.	<i>Koneturvallisuuden standardien soveltaminen (SFS ry 2015).</i>	59
Kuva 27.	<i>Piirakkakaaviota kuvastava esitys.</i>	66

LYHENTEET JA TERMIT

CEN	European Committee of Standardization (Euroopan standardisointikomitea)
CMS	Customer Management system (Asiakkaan kontaktikortti)
COQ	Cost of Quality (Laatukustannus)
COPQ	Cost of Poor Quality (Huonon laadun kustannus)
DFSS	Design for Six Sigma (Prosessien hallintamenetelmä)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control (Datapohjainen liiketoiminnan ja suunnittelun parannusmenetelmä)
FAT	Factory Acceptance Test (Tehdastesti)
HAZ	Heat Affected Zone (Lämmön vaikutuksesta muodostunut muutosalue)
MIG/MAG	Metal Inert Gaswelding/Metal Active Gaswelding (Hitsausmenetelmä)
PAF	Prevention, Appraisal, Failure (Laatukustannusmalli)
PDC	Plan-Do-Check-Act (Suunnittele-Toteuta-Arvioi-Toimi; Jatkuvan kehittämisen toimintamalli)
pWPS	Preliminary Welding Procedure Specification (Aalustava hitsausohje)
RA	Riskianalyysi
SP	Safety Plan (Turvallisuussuunnitelma)
SAW	Submerged Arc Welding (Hitsausmenetelmä)
SAT	Site Acceptance Test (Työmaatesti)
SPC	Statistical Process Control (Tilastollinen prosessinohjaus)
TQM	Total Quality Management (Kokonaisvaltainen laadunhallinta)
WPQR	Welding Procedure Qualification Record (Hitsausohjeen hyväksymispöytäkirja)
WSP	Welding procedure specification (Hitsausohje)
Aton	Tuotetiedon hallintaan suunniteltu ohjelma
Jalkoasento	Hitsauksessa vaaka-asento
Kylmäjuoksu	Liitosvirhe. Hitsausaineen ja perusaineen väliin jäänyt epätäydellinen kiinnittyminen
Paippi	Imuontelo. Hitsausvika, joka syntyy hitsausaineen jähmettymisen aikaisesta kutistumisesta

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Pemamek Oy on viime vuosina nopealla tahdilla kasvanut yritys, jossa suunnitellaan ja valmistetaan hitsausautomaattoratkaisuja ja räätälöityjä laitekombinaatioita raskaan metalliteollisuuden tarpeisiin. Pemamekilla on tarkoituksena ottaa käyttöön ISO 9001 (2015) standardinmukainen laadunhallintajärjestelmä ja pyrkiä hyödyntämään järjestelmällä saavutettavissa olevia etuja. Yrityksessä on viimeisen kymmenen vuoden aikana keskitytty tuottavuuden lisäämiseen ja tuotantoprosessien optimoimiseen. Teknologian ja teknisesti vaativien laitteiden kehitys on vaatinut paljon muutostyötä koko organisaation mittakaavalla. Ensisijaisesti on varmistettu laki- ja viranomaisvaatimusten täyttyminen sekä terveys- ja turvallisuusvaatimukset tuotteiden valmistuksessa. Vaikka prosesseja ja menetelmiä on kehitetty jatkuvasti vuosien varrella, myös laadunhallinnan näkökulmasta, on kokonaisuuden tarkastelu jäänyt vähemmälle huomiolle.

Yrityksen liikevaihdon kasvu on ollut kiitettävää jo usean vuoden ajan. Isot investoinnit ja rekrytoinnit ovat vauhdittaneet ja monipuolistaneet toimintaa. Kaiken kehityksen ja kasvun myötä, Pemamek on saavuttanut arvostusta hitsausautomaattilaitteiden valmistajana sekä saanut nimekkäitä ja isoja yrityksiä asiakkaakseen. Tilauskokonaisuuksien kasvun myötä on syntynyt tarve kehittää organisaation toimintatapoja ja valmistettavien koneiden turvallisuuden huomioimista. Toiminnan kehittämiseen valitun laadunhallintajärjestelmän tarkoituksena on toimia osana organisaation kehitystä, jatkuvaa parantamista ja tuotannon tehokkuuden lisäämistä, sekä sidosryhmien ja asiakkaiden tyytyväisyyden varmistamista.

1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on määritellä, mikä on organisaation nykytila laadunhallintajärjestelmästandardiin verrattuna. Tavoitteena on selvittää, miten toimintaa voidaan kehittää. Lisäksi tarkoituksena on selvittää koneturvallisuusprosessin nykytila ja laatujärjestelmänmukaisuus. Valmistettava laite ei saa aiheuttaa vaaraa operaattorin tai lähistöllä olevien henkilöiden turvallisuudelle ja terveydelle. Laatustandardi ISO 9001 (2015) on konedirektiiville (2006/42/EY) alisteinen, jolloin konedirektiivin vaatimukset on ensisijaisesti täyttyttävä. Konedirektiivin säädökset voidaan saavuttaa yhdenmukaistettujen koneturvallisuuden standardien, kuten ISO 12100 (2015) avulla. Vertailun tavoitteena on löytää tutkimusmenetelmä, jota voidaan jatkossa monistaa muihin organisaatioprosesseihin laadunhallintajärjestelmän käyttöönottossa.

Lähes jokainen Pemamekilla valmistettava laite on yksilöllinen, asiakkaan tarpeisiin räätälöity kokonaisuus. Muuttuva prosessi asettaa haasteita laadunhallintajärjestelmän ja koneturvallisuuden toteuttamiseen. Tilaus-toimitusprosessia ei voida suoraan vakioida, vaan ensin on määriteltävä mitkä osat organisaatioprosesseista ja toimintatavoista ovat standardisoitavissa.

Tutkimuskysymykset:

- Miten organisaatioprosessit vastaavat standardia ISO 9001?
- Missä organisaatioprosessin osa-alueissa koneturvallisuus on osana?
- Miltä osin nykyinen koneturvallisuusprosessi täyttää konedirektiivin 2006/42/EY asetukset ja koneturvallisuusstandardin ISO 12100 määritelmät?
- Mitä toimenpiteitä tarvitaan koneturvallisuusprosessin ISO 9001 -standardinmukaistamiseksi?

Tämä diplomityö rajataan käsittelemään organisaation nykytilaa. Vertaamalla organisaation nykytilaa laatustandardiin (ISO 9001:2015) osoitetaan, mitkä osat ovat standardinmukaiset ja miltä osin prosessit vaativat toimenpiteitä toimivan ja vaikuttavan laadunhallintajärjestelmän saavuttamiseksi. Määrittelemällä koneturvallisuusprosessin nykytila voidaan tunnistaa prosessin kumppanit ja asiakkaat sekä kriittiset kehitystarpeet. Selkeästi kuvattu nykytila helpottaa konedirektiivin vaatimuksien sekä laatu- ja koneturvallisuusstandardienmukaisuuden määrittelyssä.

1.3 Työn sisältö ja osatehtävät

Toimivan laadunhallintajärjestelmän laatiminen vaatii organisaation toimintaympäristön ja toimintaprosessien nykytilan ymmärrystä. Prosessien kartoittamiseen ja nykytila-analyysiin haastatellaan henkilöstöä ja pohjana käytetään yrityksen laatu- ja koneturvallisuuspäällikön (Levomäki 2017) aikaisempaa selvitystä organisaatioprosesseista ja toimintatavoista. Laadunhallintajärjestelmän ISO 9001 (2015) standardinmukaisuuden määrittäminen toteutetaan haastatteleamalla johtoryhmän edustajia ja hyödyntämällä prosessikartoitusta haastatteluiden tukena.

Tilaus-toimitusketjun tukiprosessina toimii koneturvallisuusprosessi, jossa valmistettaville laitteille toteutetaan suunnitteluvaiheessa turvallisuussuunnitelma ja riskianalyysi. Riskianalyysissä tunnistetut riskit pyritään poistamaan tai mikäli niiden poistaminen on koneteknisesti liian haasteellista tai taloudellisesti kannattamatonta, mietitään mahdollisia toimenpiteitä riskin pienentämiseksi. Riskiä pienentävien toimenpiteiden jälkeen mahdollisista jäännösriskeistä varoitetaan laitteeseen kiinnitettävillä varoitustarroilla, jotka suunnitellaan ja toteutetaan turvallisuussuunnitelman ja riskianalyysin pohjalta. Tuotannon loppuvaiheessa koneista valmistellaan kattava dokumentti, joka sisältää käyttö-, huolto- ja turvaohjeet sekä tarvittavat tekniset tiedot. Koneturvallisuusproses-

sin tarkoituksena on saattaa kone markkinoille siten, että se täyttää lakien ja konedirektiivin (2006/42/EY) asettamat vaatimukset.

Koneturvallisuuden nykytilakartoituksessa tutkitaan, miten koneturvallisuuteen liittyvät prosessit ja toimenpiteet, kuten riskianalyysi, turvallisuussuunnitelma ja käyttöohjeiden raportointi, toteutetaan ja mikä on tehtävien keskinäinen riippuvuus. Nykytilakartoituksen jälkeen tuloksia ja prosessin tuotoksia verrataan koneturvallisuuden standardiin ISO 12100 (2010) ja konedirektiiviin (2006/42/EY). Tuloksista analysoidaan, mitä puutteita nykyisessä toiminnassa on ja mitkä asiat toimivat hyvin. Ongelmakohtiin etsitään ratkaisuja ja mietitään toimenpiteitä.

Tämän työn luvussa 2 esitellään laatutekniikan kehitystä, laadunhallintaan liittyviä käsitteitä ja termejä sekä laadunhallintajärjestelmän sisältöä. Luvussa 3 esitellään työn kohde laadunhallinnan näkökulmasta. Työn osatehtävät esitetään tutkimuskysymykset huomioon ottaen, ensin organisaation nykytilan ISO 9001-standardinmukaisuuden tarkastelu, jonka jälkeen käydään läpi, kuinka koneturvallisuusprosessin nykytilaa on tutkittu ja analysoitu. Luvussa 4 kuvataan organisaation ydin- ja tukiprosessit sekä määritellään, miltä osin toiminta vastaa laatustandardia. Luvussa 5 esitellään koneturvallisuusprosessi ja sen sidosryhmien keskinäinen riippuvuus sekä prosessissa tarvittavat syötteet ja saatavat tuotokset. Tulosten perusteella mietitään, mitä toimenpiteitä vaaditaan toiminnan vaatimustenmukaistamiseksi. Luvussa 6 pohditaan lyhyesti työstä saatuja tuloksia, tulosten merkitystä yritykselle sekä mietitään, miten diplomityön tavoitteet toteutuivat ja kuinka tutkimus- ja kehitystyötä tulisi jatkaa. Kappaleessa 7 kootaan lyhyt yhteenveto tärkeimmistä tuloksista.

2. LAADUNHALLINTA

Laatu on jokaiselle tuttu käsite, mutta mitä laatu oikein on ja mitä se yrityksen näkökulmasta merkitsee? Onko laatu yliveraisuutta, hyvyyttä ja paremmuutta? Laatu voidaan määritellä monella eri tavalla, mutta yksinkertaisesti se voidaan sanoa olevan odotukset ja vaatimukset täyttävä tuote tai palvelu. Laatu on yrityksessä menestystekijä ja se integroituu kaikkeen toimintaan laadunhallinnan kautta. Laatu voi tehdä kuka vain, se ei kuulu ainoastaan laatuammattilaisille. (Leckelin 2002)

Laadunhallinta on kehittynyt yhdessä teollistumisen ja teknologian kehittymisen kanssa. Tarkempi laadun tarkastelu ja laadunhallinta kaikissa prosessin vaiheissa on mahdollistunut tietotekniikan ja erilaisten laatu työkalujen kehittymisen myötä. Toimintamallit laadukkaiden tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen on kaikkien saatavilla ja tämän päivän organisaatio, toimialasta ja koosta riippumatta voi toimia laadunhallintajärjestelmän mukaisesti. Asiakaskeskeisyys ja johdon näkyvä osallistuminen ovat keskeisiä tekijöitä laadun tuottamisessa. Huomioon tulee ottaa myös lakien ja viranomaisten vaatimukset sekä sovelluskohtaisten standardien ja asetusten määritelmät. Laatukustannukset on yksi paljon tutkittu laadunseurannan mittari, jota etenkin pienet yritykset eivät oikein osaa hyödyntää. Vaikuttavasti rakennettu laadunhallintajärjestelmä vähentää laadun tuottamiseen liittyviä kustannuksia, kun toiminnasta karsiutuu pois turhat, arvoa tuottamattomat toiminnot.

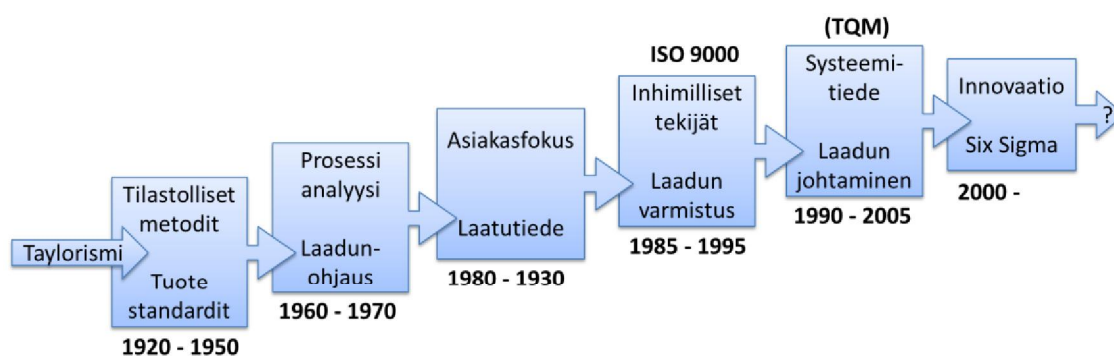
2.1 Laadunhallinnan kehitys

Laadulla on ollut suuri merkitys jo vaihdantatalouden aikana. Myyjä ja ostaja tutustuivat kaupantekohetkellä kaupan kohteeseen, jolloin laatu arvioitiin. Tuote maksettiin oravannahoilla tai muilla maksuvälineillä sen laatuominaisuuksien perusteella. Kun talouselämä kehittyi, mestari-kisälli-toiminta muodosti merkittävän osan ”laadunhallintajärjestelmästä” käsityöläisammattikunnassa. Mestarilla oli vastuu kouluttaa oppipoika ammattitaitoiseksi ja samalla toimia laadun varmistajana. Mestarille oli suuri kunnia, kun kisällin työtä kehuttiin ammattitaitoiseksi ja laadukkaaksi. (Leckelin 2002)

Varsinainen laatu tekniikan kehitys alkoi kuitenkin vasta Amerikan sisällissodan aikana 1800-luvun vaihteessa, kun keksijä Eli Whitney pyrki valmistamaan keskenään täysin samanlaisia musketteja. Tarkoituksena oli, että vanhojen aseiden osia olisi voitu hyödyntää uusissa aseissa varaosina. Täysin toisiaan vastaavia musketteja ei kuitenkaan onnistuttu valmistamaan ja Eli Whiteyn toimitus viivästyi yli 30 vuotta. Oli luovuttava eksaktiudesta, joka johti 1870-luvulla ylä- ja alatoleranssirajojen kehitykseen. Toleranssien hyödyntämistä pidettiin huippuammattitaitona. (Karjalainen et al. 2006)

Toleranssien määrittely antoi teollistumiselle sysäyksen, jonka myötä tuotteita alettiin tuottaa pitkinä sarjoina, osittain ihmisen ja osittain koneen valmistamana. Tämä johti suunnittelun ja valmistuksen eriytymiseen omiksi tehtävikseen. Toimintamallin perustajana toimi Fredrick Taylor, jonka mukaan nimettiin koulukunta ”Taylorismi”, jossa laadun varmistukseen pyrittiin tarkastamisen avulla. Laaduntarkastukseen perustettiin erillinen ammattiryhmä, joka tarkasti pieniin osiin pilkottujen työvaiheiden tuotokset. Laaduntarkastajia saattoi olla isossa yrityksessä useita satoja, mutta silti virheitä syntyi. Järjestelmän ongelmaksi oli muodostunut kokonaisnäkemyksen puute. (Leckelin 2002; Karjalainen et al. 2006)

Laatumenetelmien kehitys alkoi teollistumisen alkaessa. Menetelmien eri vaiheet ovat muokkautuneet jaksottaisesti teknologian kehityksen myötä. Bisgaard et al. (2006, Karjalaisen 2006 mukaan) esittää laadun kehityksessä kuusi murrosta (kuva 1) (Karjalainen et al. 2006).



Kuva 1. Laatumenetelmien kehitys (perustuu lähteeseen Karjalainen et al. 2006).

Systemaattinen laadunhallinnan kehitys ja ensimmäinen laatuvalankumous käynnistyi Amerikassa 1920-luvun lopulla, nykyaikaisen laatu tekniikan ”isän” Walter Shewhartin työn *Economic Control of Quality of Manufactured Product* (1931, Sowerin 2011 mukaan) myötä. Shewhart oli ensimmäinen, joka määritteli, että laatua voidaan tarkastella kahdesta eri näkökulmasta; subjektiivisesta ja objektiivisesta näkökulmasta. Hän huomasi, että subjektiivisella laadulla on merkittävä osuus mainostamisessa, joten hän keskittyi objektiivisen laadun parissa työskentelyyn ja operatiivisten toimintojen parantamiseen. (Sower 2011)

Taylorismin laaduntarkastuksen seuraava kehitysvaihe oli ottaa käyttöön *laadunohjaus*, jossa ryhdyttiin hyödyntämään tilastollisia menetelmiä. Tuolloin otettiin laajalti käyttöön Shewhartin (1931) kehittämä, tilastomatematiikkaan perustuva tilastollinen prosessiohjaus SPC (Statistical Process Control) ja laadunohjauskortti, joiden avulla seurattiin prosessin muutosta ajan suhteen. Tilastomatematiikkaa menetelmiä käyttämällä kehittyi ylä- ja alaraja-toleranssimäärittely, jonka tarkoituksena oli vähentää vaihtelua ja saavuttaa tasalaatuisia tuotteita. *Laadunohjauksella* seurattiin kuitenkin

yleensä vain yksittäisiä tuotteita koko prosessista, joten se kattoi vain pienen osan yrityksen toiminnasta. (Leckelin 2002; Sower 2011)

Toinen murros tapahtui toisen maailmansodan jälkeen 1950-luvulla. Tuolloin laatugurut William Deming, Joseph Juran ja Armand Feigenbaum työskentelivät Japanissa, tavoitteenaan kokonaisvaltainen laadunhallinta, Walter Shewhartin työn innoittamana. Kehitysvaiheen aikana Japanin talous lähti nousuun. Aikakaudella keskityttiin *prosessien vaihtelun analyttiseen tutkimiseen*, jonka avulla kyettiin ennustamaan prosesseja paremmin ja siten lisäämään *prosessin ohjausta*. Prosessianalyysyä kehitettiin runsaasti, jolloin *laatutiede* otti isoja kehitysaskelia. (Karjalainen et al. 2006; Sower 2011)

Talouden kohennettua 1970–1980-luvun taitteessa tavarapula kääntyi ylitarjonnaksi. Kilpailu markkinaosuudesta johti asiakaslähtöisen toiminnan korostamiseen. Kehitettiin laatumenetelmiä ja -työkaluja, jotka keskittyivät asiakaskeskeisyyteen ja asiakasvaatimusten ylittämiseen. Laadunohjaus koki murroksen ja asiakasfokuksen myötä siirryttiin *laadunvarmistukseen*, joka muodostui kansainvälisen standardisarjan ISO 9000 pääideologiaksi. (Karjalainen et al. 2006)

David Garvin (1987) määritteli tuotelaadulle kahdeksan dimensiota (taulukko 1). Tuotelaadun tarkastelu eri näkökulmista pilkkoi laatukäsitteen hallittaviin osiin. Hänen määrittelynsä avulla tuotelaadun strateginen kehitys yleistyi. (Garvin 1987; Sower 2011)

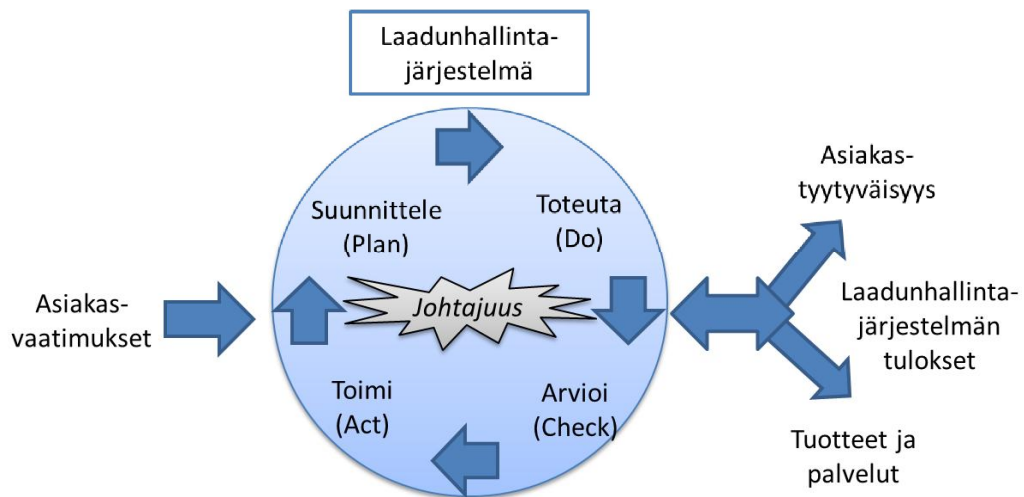
Taulukko 1. Kahdeksan tuotelaatudimensiota (perustuu lähteeseen Garvin 1987).

	Tuotelaatudimensiot	Kuvaus
1.	<i>Suorituskyky (Performance)</i>	Tuotteen ensisijaiset toiminnan ominaisuudet. Tämä dimensio voidaan ilmasita mitattavilla suureilla ja arvottaa puolueettomasti
2.	<i>Ominaisuudet (Features)</i>	Ominaisuudet, jotka täydentävät tuotteen perustoimintoja. Ominaisuudet räätälöivät tai persoonallistavat tuotteen asiakkaan tarpeiden mukaan.
3.	<i>Toimintavarmuus (Reliability)</i>	Tuotteen toimintahäiriön tai virhetilan todennäköisyys määritellyn ajanjakson aikana. Suuretta voidaan mitata esimerkiksi keskimääräisellä vikaantumisajalla.
4.	<i>Vaatimustenmukaisuus (Conformance)</i>	Sekä asiakasvaatimusten että vahvistettujen standardien tuotevastaavuus. Näihin sisältyy teollisuuden standardit, hallituksen säädökset sekä ympäristö ja turvallisuus standardit
5.	<i>Kestävyys (Durability)</i>	Mittaa sitä käytön määrää, jota tuote kestää ennen kuin se rappeutuu siten, että tuotteen korvaaminen on suositeltavampaa kuin korjaaminen. Kestävyys on tuotteen eliniän mittari.
6.	<i>Huollettavuus (Serviceability)</i>	Helppo huollettavuus ja tuoltoon vaadittava aika tuotteen rikkouduttua. Asiakas reagoi myös huoltohenkilökunnan arviointi- ja suorituskykyyn.
7.	<i>Esteettisyys (Aesthetics)</i>	Miltä tuote näyttää, tuntuu, kuulostaa, maistuu tai tuoksuu. Asiakkaan reaktio riippuu henkilökohtaisesta arviosta ja yksilöllisesti mieltymyksestä.
8.	<i>Havaittavissa oleva laatu (Perceived Quality)</i>	Asiakkaan arviointi tuotteesta ennen ostopäätöstä. Tähän dimensioon vaikuttaa aikaisemmat kokemukset vastaavasta tuotteesta tai tuotteen valmistajasta. Mainonnan tavoitteena on vaikuttaa havaittavissa olevan laadun näkemyksiin.

Tuotedimensioiden määrittelyn myötä strateginen suunnittelu, organisaation kehitys, asiakaskeskeisyys ja laadun sisällyttäminen johtamiseen korostuivat merkittävästi. Laadunvarmistus kehittyi edelleen *laatujohtamiseksi*, joka tunnetaan myös laajennettuna konseptina *kokonaisvaltainen laadunhallinta* eli TQM (Total Quality Management). Kokonaisvaltaiseen laatukonseptiin liittyy olennaisesti se, että laatujohtamisessa otetaan huomioon yrityksen olennaiset, toimivaan laadunhallintajärjestelmään merkittävästi vaikuttavat sisäiset ja ulkoiset sidosryhmät. Kokonaisvaltaiseen laadunhallintaan on olemassa useita erilaisia lähestymistapoja, mutta niille kaikille yhtenäistä on, että kaikki organisaation jäsenet osallistuvat prosessien, tuotteiden, palveluiden ja työympäristön kehittämiseen. (Leckelin 2002; Sower 2011)

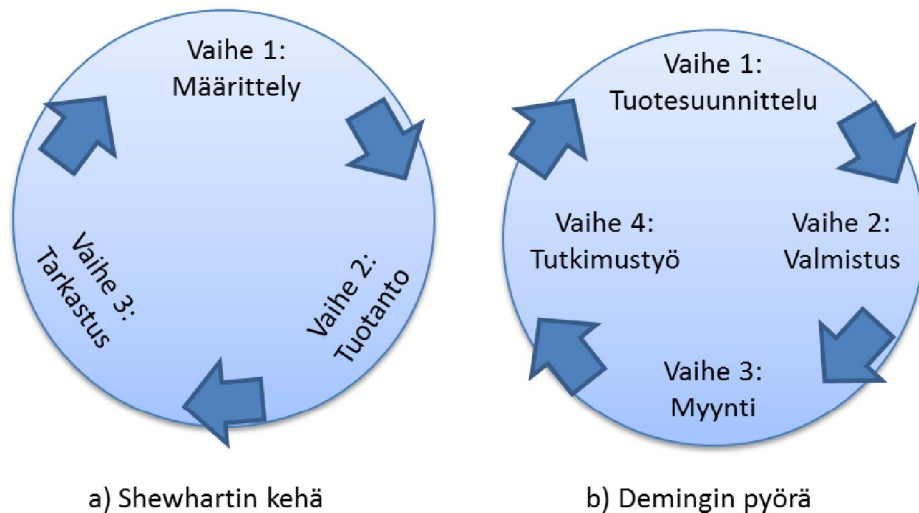
Laatumenetelmien kehityksen (kuva 1) kuudenneksi murrosvaiheeksi on määritelty *systemaattinen innovointi*. Systeemitiede kehittyi 1990-luvulla, kun systeemitieteilijä Peter Sengen (1990, Karjalaisen 2006 mukaan) työn myötä ryhdyttiin optimoimaan kokonaisvaltaisesti prosessiketjuja yksittäisten prosessien sijaan. Vaikka erilaisia työmenetelmiä oli runsaasti tarjolla, koko systeemin optimointi vaati kuitenkin parempia työkaluja. (Karjalainen et al. 2006)

Yrityksien kyky parantaa prosessiketjuja parani merkittävästi, kun Motorolalla kehitettiin Walter Shewhartin, William Demingin, Joseph Juranin ja monien muiden laatugurujen töiden pohjalta Six Sigma. Menetelmän kehittäminen alkoi jo 1980-luvulla, mutta se otettiin laajemmin käyttöön vasta 2000-luvulla, kun tietokone-ohjelmistot kehittyivät. Six Sigma on menetelmäoppi, jossa hyödynnetään tilastoteoriaa olettaen, että jokainen prosessitekijä voidaan karakterisoida tilastollisen jakaumakäyrän avulla. Tavoitteena on prosessien optimointi, virheiden ja kustannusten vähentäminen sekä laadun parantaminen. Menetelmäoppia on 1990-luvulla jalostettu ja siihen on yhdistetty tuoteoptimointi DFSS (Design for Six Sigma) ja prosessioptimointi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) tarkoituksena hyödyntää Six Sigmaa jatkuvan parantamisen menetelmänä. (Taghizadegan 2006; Sower 2011) Anttila et al. (2016) mukaan, nykyään tunnetuin ja laajimmin käytössä oleva laadunhallintajärjestelmän työkalu on kansainvälinen standardisarja ISO 9000, jonka ensimmäinen osa (ISO 9001:2015) perustuu PDCA (Plan, Do, Check, Act) -toimintamalliin (kuva 2).



Kuva 2. PDCA-toimintamalli (perustuu lähteeseen ISO 9001:2015)

Joissain lähteissä (esimerkiksi Leckelin 2002) kerrotaan PDCA-mallin olevan William Demingin kehittämä ja toisissa lähteissä (esimerkiksi Sower 2011) esitetään, että Walter Shewhart on kehittänyt PDCA-mallin ja Deming tämän pohjalta PDSA (Plan, Do, Study, Act) -mallin, jota hyödynnetään lähinnä testauksessa ja käyttöönotossa. Moenin (2009) tutkielmassa on perehdytty tieteellisiin laadunkehitysmenetelmiin ja jatkuvan kehityksen toimintamallin kehitykseen. Hänen mukaan alkuperäinen ”Shewhart Sycle” eli Shewhartin kehä sisälsi kolme vaihetta: määrittely, tuotanto ja tarkastus (kuva 3 a). Shewhart (1939, Moenin 2009 mukaan) määritteli kirjassaan *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, että vaiheet tulee ajatella syklinä suoran linjan sijaan, jotta kehitys pysyy jatkuvana. Deming puolestaan nosti 1950-luvulla esiin suunnittelun ja tuotannon välisen vuorovaikutuksen tärkeyden ja muokkasi vaihteita hieman sekä lisäsi sykliin neljännen kohdan. Demingin esittämän ”Demings Wheel”, eli Demingin pyörän vaiheet olivat: tuotesuunnittelu, valmistus, myynti ja tutkimustyö (kuva 3 b). (Moen 2009)



Kuva 3. Shewhartin ja Demingin toimintamallit (perustuu lähteeseen Moen 2009).

Imai esittää (1986, Moenin 2009 mukaan), että lopullisen muodon PDCA-malli sai Japanilaisten talouspäälliköiden muotoilemana, vuosi Demingin pyörän esityksen jälkeen. Vaikka Deming käytti tätä jatkuvan kehittämisen kehäksi kutsuttua toimintamallia kouluksissaan, hän ei kuitenkaan koskaan ottanut määrittelystä kunniaa itselleen. Hän kutsui mallia Shewhartin sykliksi myös modifiointinsa jälkeen. (Moen 2009)

2.2 Laadunhallintajärjestelmä

Laatu käsitteenä voidaan ymmärtää monella eri tavalla, riippuen siitä, mistä näkökannasta laatua tarkastelee. Käsite voidaan määritellä monella tavalla ja määrittelyn rajapinnat eivät ole kovin jyrkkiä. Yleensä laatu ymmärretään subjektiivisena ja kokonaisvaltaisena, mutta mikäli käsitteen purkaa osiin, siitä löytyy monia erilaisia näkökulmia. (Anttila 2016)

Kuluttajan, organisaation ja yhteiskunnan näkökulmasta laatu-käsitteet ovat luonteeltaan hyvin erilaisia. Kuluttajan näkökulmasta usein ymmärretään tuoteperusteinen määrittely, joka käsittää tuotteen mitattavissa olevat ominaisuudet, kuten nopeus tai toimintatehokkuus sekä tunneperäinen, heuristinen määrittely. Heuristista määrittelyä hyödynnetään mainonnassa luomalla mielikuva tuotteen tai palvelun erinomaisuudesta tai ylivertaisuudesta. Organisaation ja kaupankäynnin peruskäsitteisiin sisältyvä laatu voidaan ymmärtää olevan tuotantoperusteista laatua eli vaatimusten ja tavoitteiden täyttymistä, rahalliseen arvoon perustuvaa laatua eli kohteen käyttöarvoa ja jalostusarvoa tai reaali-taloudelliseen arvoon perustuvaa laatua eli kohteen hyötyarvoa. (Anttila 2016)

Laatu käsitteenä on laatutoiminnan ydinaihe. Käytännön teknologisissa ratkaisuissa laadunhallinta ja laadunvarmistus ovat keskeisiä osia yrityksen laatutoiminnan toteuttamisessa. Tarkoituksena on ymmärtää organisaation prosessit ja tuotteet sekä löytää johdonmukaiset ratkaisut niiden yhdenmukaistamiseen laatukäsitteen kanssa. Laadun pe-

ruskäsitteitä ja termejä käsitellään laajalti laadunhallinnan standardisarjassa (ISO 9000), joka on tunnetuin ammattimaisen laatutoiminnan referenssi. (Anttila 2016)

Standardisarjan ensimmäinen osa (ISO 9001:2015) on järjestelmällinen toimintamenetelmä laadunhallintaan ja laatujohtamisen esimerkillinen työkalu. Se ohjaa yritystä prosessimaiseen toimintamallin, jossa suunnitellaan prosessit ja toiminnot sekä määritellään niiden välinen vuorovaikutus. Prosessin tunnistamisen kautta voidaan saavuttaa kokonaisvaltaisen toiminnan hallinta ja varmistaa, että organisaatiossa on riittävästi resursseja. Toiminnan johdonmukainen tarkastelu edesauttaa parantamismahdollisuuksien havaitsemisessa, jolloin laatua parantaviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Standardi painottaa riskiperusteista ajattelua prosessimaisen toimintamallin rinnalla. Kun riskit ja mahdollisuudet tunnistetaan, niitä pystytään hyödyntämään ottamalla käyttöön löydetty mahdollisuudet ja riskien vaikutuksia pienentäviä hallintakeinot. ISO 9001 (2015) tarjoaa laadunhallintajärjestelmän luomiseen pohjan, jonka jokainen organisaatio voi täyttää omaan toimintaan soveltuvilla laatutyökaluilla ja -menetelmillä. (ISO 9001:2015)

Laatustandardin (ISO 9001:2005) mukaisen laadunhallintajärjestelmän avulla prosessin koordinointi tehostuu, henkilöstön toimintakyky kehittyy ja viestintä toimintojen välillä paranee. Laatutavoitteiden saavuttaminen mahdollistaa kyvyn vastata nopeammin ja tehokkaammin sidosryhmien asettamiin haasteisiin. Laadunhallintajärjestelmällä on arvon nostamisen lisäksi myös suora vaikutus yrityksen imagoon. (ISO 9001:2015)

2.3 Laatuyritys ja laatujohtamisen elementit

Leckelin (2002) on listannut laatuyritykselle ominaisia tunnusmerkkejä, jotka ovat nousseet esille Suomen laatupalkintokilpailun arviointiperustelujen määrittelyssä. Ominaisia tunnusmerkkejä ovat asiakassuuntautunut toiminta, johdon sitoutuminen, henkilöstön kehittäminen, nopeus ja joustavuus, suuntaus tulevaisuuteen, tosiasioihin perustuva johtaminen, yhteistyökyky, julkinen vastuu, suunnittelun korostuminen, tavoitteellisuus sekä jatkuva parantaminen.

Laatuyrityksessä edellä listatut tekijät toimivat tasapainossa. Asiakassuuntautunut toiminta ei tarkoita sitä, että asiakas olisi aina oikeassa. Asiakas rahoittaa yrityksen toimintaa, joten tuotteiden ja palveluiden tulee vastata asiakkaan tarpeita muuttuvissakin tilanteissa. Asiakasvaatimusten täyttäminen ja asiakastyytyväisyys eivät kuitenkaan saa olla itsetarkoitus, sillä kaikkiin asiakasvaatimuksiin vastaamalla yrityksen kannattavuus kärsii. Laatuyritys ottaa huomioon asiakasketjun kaikki vaiheet ja eri asiakassegmenttien tarpeet tuotekehityksen varhaisessa vaiheessa, mukaan lukien vaatimustenmukaisuuteen vaikuttavien riskien ja mahdollisuuksien määrittelyn ja käsittelyn. Asiakastyytyväisyyden lisäämisen sisällyttäminen markkinointistrategiaan on markkinoilla menestymisen edellytys. (Leckelin 2002; ISO 9001:2015)

Laatuyrityksissä ylin johto on henkilökohtaisella tasolla sitoutunut laatutyöhön ja ottaa laadunkehittämisen vakavasti. Laatutyötä ei ole pelkästään delegoitu laatutyöntekijöille, vaan ylin johto on näkyvästi mukana laadun kehittämisessä ja laadunhallintajärjestelmän ylläpitämisessä. Laatuyrityksessä tavoitteet ja strategia on määritelty yrityksen perusarvojen pohjalta ja johdon laatukatselmuksien suoritetaan säännöllisesti. Johto varmistaa, että laatupolitiikka ja laatutavoitteet ovat laadittu ja niistä viestitään henkilöstölle ja tärkeille sidosryhmille. (Leckelin 2002; ISO 9001:2015)

Organisaatio voi saavuttaa laatuyrityksen olennaiset tunnusmerkit ja tahtotilan tavoitteet laadunhallintajärjestelmällä, joka on integroitu johtamisjärjestelmään. Toimiva laadunhallintajärjestelmä on vietävä yrityksen perusarvoihin asti. Perusarvot ovat toiminnan ympärillä havaittavia asioita, jotka pääsääntöisesti rakentuvat organisaation perustajien näkemyksistä siitä, mitkä ovat liiketoiminnan ydinasioita. Leckelin (2002) esittää perusarvot osana olennaisia laatujohtamisen elementtejä (kuva 4). (Leckelin 2002)

Perusarvot	Yrityksessä vallitsevat uskomukset ja periaatteet
Visio	Haluttu asema tulevaisuudessa, pitkäaikainen päämäärä
Missio	Toiminnan tarkoitus, miksi yritys on olemassa
Strateginen päämäärä	<ul style="list-style-type: none"> - Markkina-alueen määrittäminen - Tarjottavat tuotteet - Vahvuudet kilpailijoihin nähden, miten yritys erottuu - Tavoiteltava asema valituilla markkinoilla
Strategiset laatutavoitteet	Tuotteiden ja toiminnan laadun avaintekijät markkina-aseman vahvistamiseksi ja ylläpitämiseksi
Laatupolitiikka	Yritysjohdon määrittelemä toimintapolitiikka ja tavoite laadun suhteen

Kuva 4. Laatujohtamisen elementit (Leckelin 2002).

Selkeästi määritellyt ja viestitetyt perusarvot tarjoavat yhdenmukaisen käsityksen, mikä toiminnassa on tärkeää. Kun kuvassa 4 määritellyt laatujohtamisen elementit rakennetaan noudattaen yrityksen perusarvoja, ne voidaan muuntaa henkilöstön toiminnaksi. Arvojen, vision, mission ja strategian on oltava yhdenmukaisia organisaation johtamis-

filosofian kanssa, jolloin ne muodostavat toimintaa ohjaavan kokonaisuuden. Laatu yrityksessä johtoryhmä pitää huolen tehokkaalla viestinnällä, että tämä kokonaisuus toimii käytännön ohjeena tukien yksiköiden strategioita. (Leckelin 2002)

Yritysjohdon visiot asetetaan yleensä pitkällä tähtäimellä noin 5–15 vuoden tavoitteeksi. Vision ei ole tarkoitus olla kovin tarkka eikä saavutettavissa, vaan ilmaista suuntaa, johon halutaan mennä. Vision tukena laatujohtamisen elementeistä toimii missio. Perusarvojen pohjalta määritelty missio sisältää kuvauksen toiminnan päämäärästä sekä miten visio on tarkoitettu toteutettavaksi. Missio kertoo keskeisestä liikeideasta ja organisaation tarkoituksesta. Siitä selviää, mitä organisaatio tuottaa, ketkä ovat asiakkaita ja mitkä asiakkaan tarpeet pyritään tyydyttämään. (Leckelin 2002)

Missio ei yksinään riitä kertomaan, miten asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa. Strategian avulla ilmaistaan miten missio toteutuu. Se muotoillaan selkeäksi kokonaisuudeksi, joka antaa suuntaa operatiivisen toiminnan toteuttamiseen. Määrittelyvaiheessa on perehdyttävä myös kilpailijoiden toimintaan sekä osattava ennakoida toimialan kehittymismahdollisuuksia. Strategiassa ilmaistaan, mikä on organisaation ydinosaaaminen, tuote- ja palvelutarjonta, kohdemarkkinat sekä organisaation kriittiset menestystekijät. Siitä käy ilmi, millä alueella halutaan olla vahvoja, mitkä ovat organisaation kilpailuedut ja miten kilpailuetua pidetään yllä. Johdon vastuu on muotoilla ja dokumentoida strategia sekä varmistaa, että se on johdonmukainen ja toteutettavissa sekä viestitty koko organisaatiolle. (Leckelin 2002)

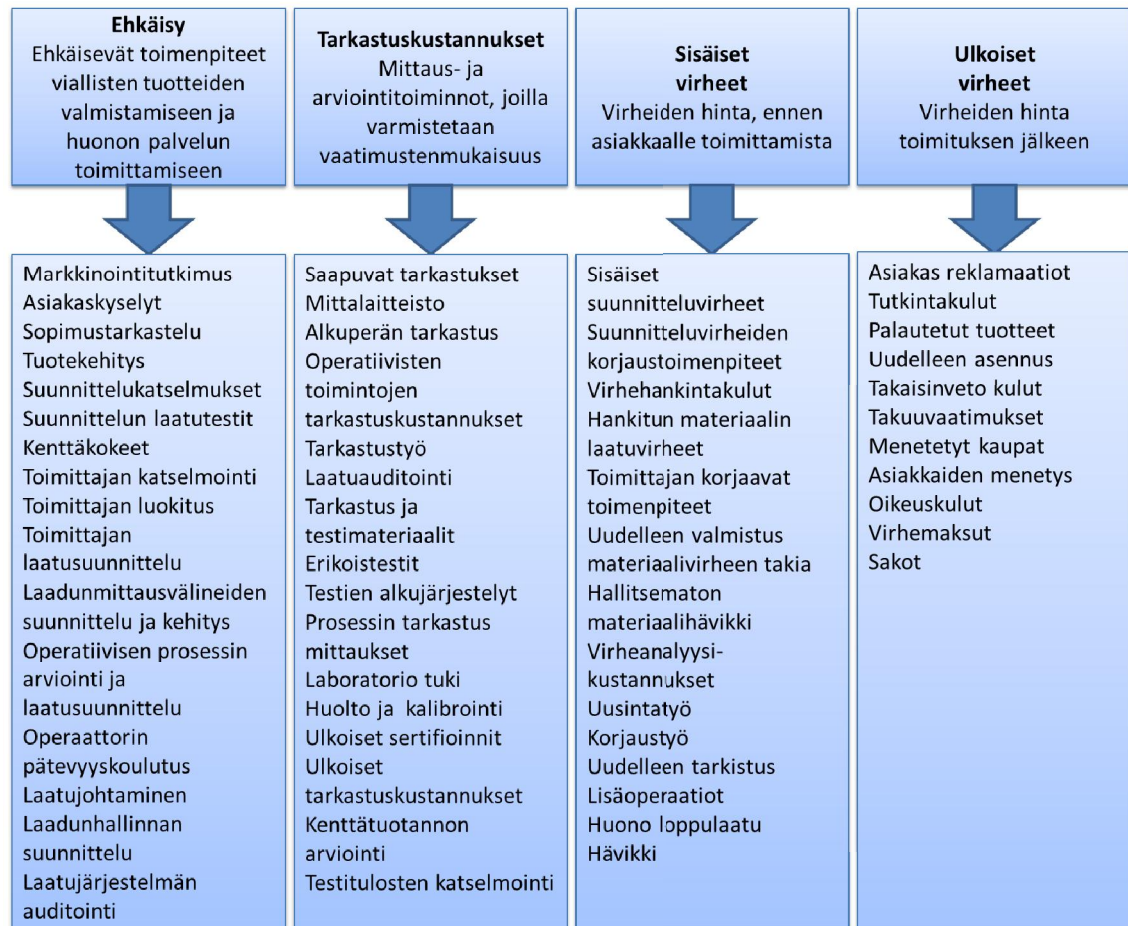
Strateginen päämäärä ei puolestaan riitä saavuttamaan kilpailukyvykkyyttä yrityksessä. Organisaatiossa pitää määritellä myös strategiset laatutavoitteet, joita on seurattava ja analysoitava soveltuvilla mittausmenetelmillä päämäärien saavuttamiseksi laatujohtamisen kautta. Laatutavoitteet ovat yritystoiminnan laatutekijöille asetettavia vaatimuksia. Taloudelliset tavoitteet, kuten liikevaihdon käyttökateprosentti tai sijoitetun pääoman tuottoprosentti, eivät yleisesti sovellu laatutavoitteeksi. Laatutavoitteiden mittarit toimivat laatujohtamisen työkaluna ja taloudellisia tuloksia mittaamalla ei pystytä osoittamaan ongelman lähdeä. Liikevaihto kertoo koko organisaation kaikkien toimintaprosessien tuloksen ja alle tavoitteen jääneestä käyttökatteesta ei voida määritellä, mitä toimenpiteitä tulisi tehdä katteen nostamiseksi. Sen sijaan laatutavoitteita voivat olla esimerkiksi tilausten käsittelyyn käytetty kokonaisaika, tietoliikenneverkon käytettävyyden tai asiakasvalitusten lukumäärä. (Leckelin 2002; Sower 2011)

Viimeisenä laatujohtamisen elementtinä Leckelin (2002) määrittelyn mukaan on laatu-politiikka. Se on yrityksen perusarvoihin pohjautuva viesti, joka ylimmän johdon tulee laatia, ottaa käyttöön ja viestiä siitä koko organisaatiolle sekä ylläpitää ja katselmoida sitä asianmukaisesti. Laatupolitiikkaa asetettaessa on varmistettava, että se soveltuu olennaisten sidosryhmien tarpeisiin ja vaatimuksiin. Laatustandardin (ISO 9001:2015) perusteella laatupolitiikka on laadittava siten, että se sopii organisaation tarkoitukseen ja tukee yrityksen strategiaa. Laatupolitiikasta käy ilmi, miten yritys on sitoutunut laadun-

hallintajärjestelmän jatkuvaan parantamiseen ja kuinka se on sitoutunut vaatimusten täyttymiseen. Lähtötietoina hyödynnetään perusarvoista lähtien kaikkia yritysjohton laatimia laatujohtamisen elementtejä. Hyvä laatupolitiikka mahtuu yhdelle sivulle ja siitä selviää organisaation keskeiset toimintaperiaatteet. Se ottaa kantaa laadun merkitykseen yritykselle sekä, miten laatu ilmenee henkilöstön ja johdon toiminnassa. (Leckelin 2002; ISO 9001:2015; ISO/TS 9002:2017)

2.4 Laatukustannukset

Laatukustannus käsitteenä ilmestyi 1930-luvulla Walter Shewhartin (1931, Sowerin 2011 mukaan) työn yhteydessä, mutta virallinen konsepti siitä muodostui vasta 50-luvulla Joseph Juranin (1951 Sowerin 2011 mukaan) julkaisun myötä. Kymmenen vuotta myöhemmin laatuasiantuntija Armand Feigenbaum (1961, Woodin 2012 mukaan) käsitteli laatukustannuksia kokonaisvaltaisen laadunhallinnan kautta ja muodosti tänä päivänä parhaiten tunnetun laatukustannus mallin. Tämän, kuvassa 5 esitetyn PAF-mallin (Prevention-, Appraisal-, Failure cost model) mukaan yhteenlasketut laatukustannukset havainnollistavat todellisen hinnan ja virheettömän tuotteen tai palvelun välistä eroa. Sen avulla voidaan arvioida, mikä tuotteen tai palvelun hinta voisi olla ilman huonoa palvelua, tuotevikoja tai tuotantovirheitä. (Sower 2011; Wood 2012)

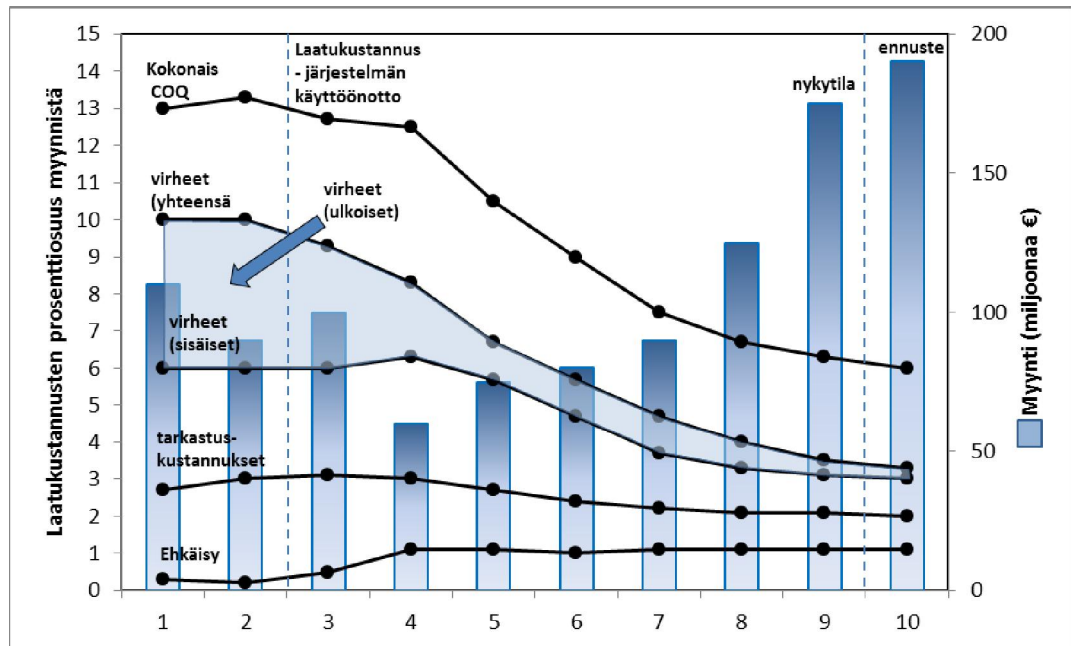


Kuva 5. Esimerkki PAF-mallista (perustuu lähteeseen Sower 2011).

PAF-mallin myötä COQ-konsepti (Cost of Quality) yleistyi maailmanlaajuisesti ja siitä muodostui tärkeä laadunparannuksen työkalu ja laadunhallinnan mittari. Käsitystä mul-
listi myöhemmin laadunhallinnan parissa työskennellyt Philip Crosby (1979, Sowerin
2011 mukaan), joka määritteli, että *laatu on ilmaista*. Hänen määrittelyn mukaan laatu-
kustannukset mitataan sen perusteella, mikä on viallisten tuotosten eli väärin tehtyjen
asioiden hinta. Crosby'n määrittely muunsi laatu-kustannuskäsitettä säästöajatteluksi ja
konsepti COPQ (Cost of Poor Quality) syntyi. Termejä COQ ja COPQ on toisinaan
käytetty toisiaan vastaavina, mutta todellisuudessa huonon laadun mittaaminen kattaa
vain osan laatu-kustannuksista. Laatu-kustannuksia mittaava järjestelmä, joka seuraa vain
poikkeavia tuotoksia, on jäävi seuraamaan lisäkustannuksia, jotka liittyvät tavoitearvon
sisällä tuotettuihin tuotteisiin ja palveluihin. (Sower 2011; Wood 2012)

Nykyään laatu-kustannusten seuraaminen on liiketoiminnassa hyvin yleistä, vaikka vain
harvat organisaatiot tunnistavat hyödyntävänsä laatu-kustannuksen mittareita. Vähintään
hävikin määrää, takuukustannusten ja uudelleen työstön hintaa seurataan jossain määrin,
jotta liiketoiminta säilyy kannattavana. Laadunhallinnan mittarina COQ-menetelmää
voidaan hyödyntää esimerkiksi seuraamalla laatu-kustannuksia suhteessa liikevaihtoon
(kuva 6). Arvioimalla PAF-mallin mukaisia kustannuksia, pystytään kohdentamaan on-

gelmakohtia ja ongelmien juurisyiden paikantaminen helpottuu. Kun juurisyys ovat tiedossa, voidaan suunnitella tarvittavia toimenpiteitä kustannusten pienentämiseksi. (Wood 2012)



Kuva 6. Laatukustannukset suhteessa liikevaihtoon (perustuu lähteeseen Wood 2012)

Kuvassa 6 on esitetty mahdollinen skenaario, jossa esimerkkiyrityksen laatukustannuksia suhteessa kokonaismyyntiin on seurattu 10 vuoden ajan. Kokonaisarvio laatukustannuksista putosi kymmenen vuoden seurannan aikana noin kolmestatoista prosentista kuuteen prosenttiin. Laatuvirheiden vähenemisen myötä yrityksen myynti on lähtenyt reiluun kasvuun. Kuvassa on esitetty ennusteeksi seuraavan vuoden liikevaihdoksi 200 miljoonaa, kun seurannan alussa liikevaihto oli 100 miljoonaa. (Wood 2012)

Laatukustannusten liikevaihtoon vertaamista ei voida pitää absoluuttisena mittarina, sillä suurin osa todellisista laatukustannuksista ei ole tarkkaan mitattavissa. Todelliset laatukustannukset on kuvattu usein *jäävuori-mallilla* (kuva 7). Yrityksissä usein mitatut laatukustannukset ovat välittömiä kustannuksia, kuten hävikki ja takuukustannukset, jotka ovat helposti havaittavissa. Todellisuudessa kuitenkin suurin osa laatuun liittyvistä kustannuksista ovat välillisiä kustannuksia ja sijaitsevat *jäävuori-mallin pinnan alla*. Välillisiä laatukustannuksia on vaikea havaita tai mieltää laatukustannuksiksi. Välilliset laatukustannukset voivat olla esimerkiksi heikko tiedonkulku, vanhentuneen tuotteen menekkivaikeudet, sairastelut, epäselvät tavoitteet, toimitusongelmat, turhat palaverit, menetetty maine, suunnitteluvirheet ja jakeluvirheet. Vaikka välillisiä laatukustannuksia ei voida suoraan mitata, niitä tulisi miettiä ja huomioida laatukustannuksia arvioidessa. Wood (2012) huomauttaa, että *pinnan alle* jäävien laatukustannusten massa on niin suuri, että niiden huomiotta jättäminen usein johtaa yrityksessä taloudellisiin vaikeuksiin ja voi jopa pahimmassa tapauksessa johtaa konkurssiin. (Wood 2012; Martikainen 2015)



Kuva 7. Kuvaus todellisista laatukustannuksista (perustuu lähteeseen Wood 2012).

Hyväksytyjen laatuvaatimuksien alle jäävä tuote tai palvelu tai tehottoman laatujohtamisen negatiiviset vaikutukset toimivat lähes poikkeuksetta dynaamisesti. Kun negatiiviset vaikutukset ovat alkaneet, ne jatkavat kasvua, kunnes yritys on joutunut vakaviin taloudellisiin vaikeuksiin. Sitä suurimmat laatukustannukset syntyvät, mitä pidemmälle prosessi on edennyt, ennen kun laatuvirhe huomataan. Kaikkein kallein korjattava kustannus on siinä tapauksessa, mikäli vian huomaa vasta asiakas. Omaksumalla laatu-kustannusjärjestelmän yrityksen on mahdollista minimoida laatuvirheet ja sitä kautta parantaa tuloksia. Laatu-kustannusjärjestelmä perustuu siihen, että jokaisella virheellä on juurisyys, joka on mahdollista löytää. Lisäksi pitää ymmärtää, että laatuvirheiden juurisyys ovat estettävissä ja virheiden estäminen on aina halvempaa kuin niiden korjaaminen. (Wood 2012)

2.5 Laatuauditointi

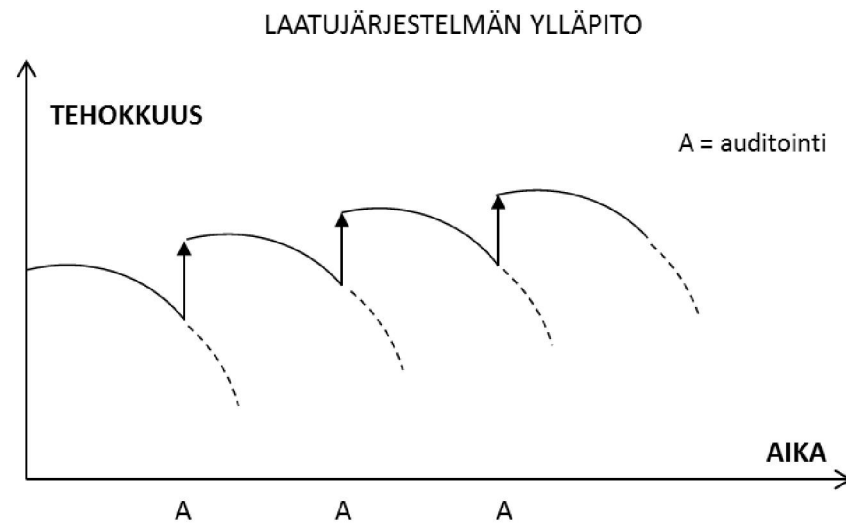
Auditointeja voidaan suorittaa joko sisäisesti tai ulkoisesti toisen tai kolmannen osapuolen suorittamana. Sisäiset auditoinnit suoritetaan yrityksen sisäisesti ja auditointi voi olla joko yrityksen sisäinen tai yritykseen arviointia tekemään palkattu henkilö. Oman yrityksen sisäiset auditoinnit ovat epävirallisempia ja toimivat hyvänä työkaluna laatu-järjestelmän toiminnan arviointiin ja niiden tuloksia voidaan hyödyntää johdon katselmuk-sissa. Kun puhutaan toisen osapuolen suorittamasta arvioinnista, on kyse asiakassuhteiden välisistä auditoinneista, esimerkiksi kun yritys auditoi alihankkijan soveltuvuutta omaan toimintaan. Laadunhallintajärjestelmän auditointi tapahtuu kolmannen osapuolen toimesta ja on luonteeltaan virallisempi kuin sisäinen auditointi. Kolmannen osapuolen tulee olla täysin puolueeton ISO 9001-valtuutettu edustaja. Puolueettomuus varmistetaan siten, että yrityksessä laatu-konsulttina toiminut henkilö ei voi seuraavaan kolmeen vuoteen suorittaa laadunhallintajärjestelmän sertifiointia. (Leckelin 2002; Sower 2011; AKM Consulting 2018)

Sekä sisäinen että ulkoinen auditointi ovat apuvälineitä saada tietoa yrityksen tilasta. Sitä voidaan soveltaa joihinkin yksittäisiin prosesseihin tai tehtäviin tai laajemmin koko organisaation kattavaan laadunhallintajärjestelmään. Arvioinnin perusteella selvitetään, mitkä tekijät ovat vaatimusten mukaisia ja mitkä vaativat toimenpiteitä. (Leckelin 2002; Sower 2011)

Laatuauditointi sisältää neljä vaihetta: valmistelu, varsinainen auditointi, raportointi ja tarvittaessa seuranta-auditointi. Valmistelun aikana valittu auditointiryhmä perehtyvät yrityksen toimintaan, edellisiin auditointituloksiin sekä viranomaisvaatimukseen. Valmistelun aikana pidetään suunnittelukokous, jossa yhdessä johdon edustajan ja laatuvaikuttajan kanssa sovitaan työn tavoitteista ja muista käytännön asioista, kuten laajuudesta, ajankohdasta ja haastateltavista henkilöistä. (Leckelin 2002)

Varsinainen auditointi käynnistetään aloituskokouksella, johon osallistuu auditointiryhmän, laatuvaikuttajan ja johtoryhmän lisäksi keskeisten toimintojen edustajia. Kokous järjestetään, jotta voidaan yhdessä käydä läpi, mikä on työn tarkoitus ja mitkä ovat auditointiryhmän tehtävät. Kokouksen jälkeen aloitetaan arviointi seuraamalla toimintoja eri osastoilla. Seurannan kesto riippuu yrityksen koosta. Pienissä yrityksissä tarkastelu saadaan suoritettua päivässä, kun isommissa yrityksissä siinä voi mennä viikko. Toimintaa tarkastellaan satunnaisotannalla, henkilöhaastatteluilla ja vertaamalla dokumentoitua tietoa tehtyihin toimenpiteisiin. Arvioinnin jälkeen päätöskokouksessa käydään läpi yhteenveto ja korjattavien toimenpiteiden tarve. Auditoinnin tulokset raportoidaan pian arviointikäynnin jälkeen. Raportissa kirjatut laatuvaikuttajat ja kehityskohteet on korjattava määräajassa. Seuranta-arvioinnissa tarkastellaan vain ne kohdat, joissa havaittiin poikkeavuuksia standardin suhteen. Sertifikaatin myöntämisen edellytyksenä on, että yrityksessä on puututtu poikkeamiin ja tehty tarvittavat toimenpiteet. (Leckelin 2002)

Vaikka kolmannen osapuolen toteuttama laatuauditointi tuottaa tärkeää tietoa laatuja järjestelmästä ja toimintaan tarvittavista toimenpiteistä, voi ajatus ulkopuolisen tekemästä työn tarkkailusta aiheuttaa negatiivisen reaktion tai jopa torjuntaa. Sisäisellä auditoinnilla voidaan myös selvittää, mikä on laatuja järjestelmän tila, mutta siten ei voida saavuttaa järjestelmän sertifiointia, jolla on suuri vaikutus organisaation imagoon. Leckelin (2002) esittää laatuja järjestelmän auditoinnin vaikutukset tehokkuuteen ajan suhteena (kuva 8), mutta ei varsinaisesti tee eroa käytettyyn auditointimenetelmään. (Leckelin 2002; Sower 2011)



Kuva 8. *Auditoinnin vaikutukset ajan suhteen (Leckelin 2002).*

Laatujärjestelmä vaatii säännöllistä arviointia, jotta järjestelmän avulla saavutetut hyödyt voidaan säilyttää. Hyvin suoritettu laatuauditointi kehittää laatutyötä ja laatujärjestelmän tehokkuutta. Mikäli laadunhallintajärjestelmän katselmointi jää toteuttamatta ja henkilöstö huomaa, ettei sitä valvota, herää kiusaus palata vanhoihin, laadullisesti huonompiin rutiineihin. (Leckelin 2002)

3. TYÖN KOHDE JA OSATEHTÄVÄT

Pemamekillä valmistetaan hitsausautomaatiolaitteita, joihin asennetaan pääsääntöisesti MIG/MAG-, jauhekaari-, Laser- ja Laser-MAG-hybridi hitsausprosesseja. MIG/MAG-prosessia hyödynnetään lähinnä robottihitsauksessa, joka vaatii hyvää luoksepääsevyyttä. Paksuille ainevahvuuksille valitaan jauhekaarihitsaus, joilla pyritään maksimoimaan hitsiaineentuotto. Laser-MAG-hybridi on menetelmänä toimiva läpimenoajan ja hitsauslämmön aiheuttamien muodonmuutosten minimoimiseen. Sitä hyödynnetään pääsääntöisesti telakkaprojektien paneelien valmistuksessa. (Tervolin 2018) Tässä kappaleessa esitellään työn kohde laadunhallinnallisesta näkökulmasta ja yrityksen asiakkaiden tuotantoon suoraan vaikuttavia, hitsauslaadullisia tekijöitä.

Hitsausinsinööri Tervolin (2018) kertoo, että tänä päivänä teollisuuden edustajat ovat hyvin tietoisia tekniikasta, jota hankkivat. Usein isoille projekteille tilataan puolueettoman, kolmannen osapuolen testauspalvelu ja hitsauslaitteen valmistajan on oltava pätevä tuottamaan vaadittua hitsauslaatua. Yrityksessä valmisteltavien alustavien testausten jälkeen koekappaleet lähetetään laboratorioon, jossa asiantuntija suorittaa hitsatulle kappaleelle sovitut menetelmäkokeet ja varmistaa siten laatuluokitukset. Mikäli valmistettavalla hitsausautomaatiolaitteella on tarkoitus hitsata useampia eri ainevahvuuksia, testataan ja luokitellaan niistä jokainen erikseen. (Tervolin 2018)

Pemamek Oy painottaa toimintaansa asiakaslähtöisiin arvoihin. Organisaation kasvun myötä on noussut esiin tarve tarkastella kriittisesti organisaatioprosesseja ja analysoida kehityksen tarve asiakastyytyvyyden parantamiseksi. Organisaation kehityksen työkaluksi valittiin laatustandardi ISO 9001 (2015). Tässä kappaleessa esitellään, millä menetelmillä toimintaprosessien nykytilaa ja vaatimustenmukaisuutta on arvioitu. Lisäksi selvitetään, miten koneturvallisuusprosessi liitettiin tutkimukseen ja kuinka kehityskohteet on määritelty.

3.1 Pemamek Oy

Laadunhallintajärjestelmän kannalta olennaista on tiedostaa, mitkä ovat organisaation kannalta olennaisia sidosryhmiä sekä ymmärtää, mitkä ovat näiden sidosryhmien tarpeet ja odotukset. Yrityksen merkittävimpiä sidosryhmiä ovat asiakkaat. Laatuajattelun kautta ryhmä muodostuu sisäisistä ja ulkoisista asiakkaista, jotka ovat yhteydessä yrityksen henkilöihin, tuotteisiin, toimipaikkaan tai järjestelmiin. Kun organisaatiossa mietitään ulkoisen asiakkaan tarpeita ja odotuksia, tunnistetaan helposti suora asiakas, joka pyytää tarjouksen sekä tilaa ja maksaa tuotteen. Heidän lisäksi pitää kuitenkin muistaa, että loppukäyttäjä on se, joka käyttää oman organisaation sovelluksilla valmistettavia tuot-

teita. Suoran asiakkaan asiakkaat, eli epäsuorat asiakkaat on myös huomioitava, jotta voidaan saavuttaa toimiva laadunhallintajärjestelmä. (ISO 9001:2015; Leckelin 2002)

Pemamekilla valmistetaan hitsauslaitekokonaisuuksia raskaan teollisuuden tarpeisiin, kuten laivateollisuuteen, tuulivoimateollisuuteen, boileri- ja öljyteollisuuteen, kaasuteollisuuden prosesseihin sekä teräsrakenteiden ja työkoneiden valmistukseen. Pemamek on erikoistunut hitsausautomaatiolaitteiden ja kappaleenkäsittelylaitteiden suunnitteluun ja valmistukseen. Tuotanto on keskittynyt vaativiin teknologisiin ratkaisuihin, kuten robotiikkahitsaukseen, levynkäsittelyasemiin ja putkirakenteiden liittämiseen. Laitekokonaisuudet suunnitellaan asiakkaiden tarpeiden mukaan siten, että otetaan huomioon asiakasyrityksen toimialan ja raskaan teollisuuden ratkaisujen vaatimukset. Laitekokonaisuudet vaihtelevat asiakkaan tarpeesta riippuen yksittäisistä kappaleenkäsittelylaitteista tai robottiportaaleista prosessilinjoihin, jotka voivat sisältää useita erilaisia kappaleenkäsittely- ja kappaleentyöstöasemia. Tarkoituksena on tarjota asiakkaalle välineet heidän tuotantonsa tehostamiseen, laadun parantamiseen ja tuottavuuden nostamiseen. (Pemamek 2016a)

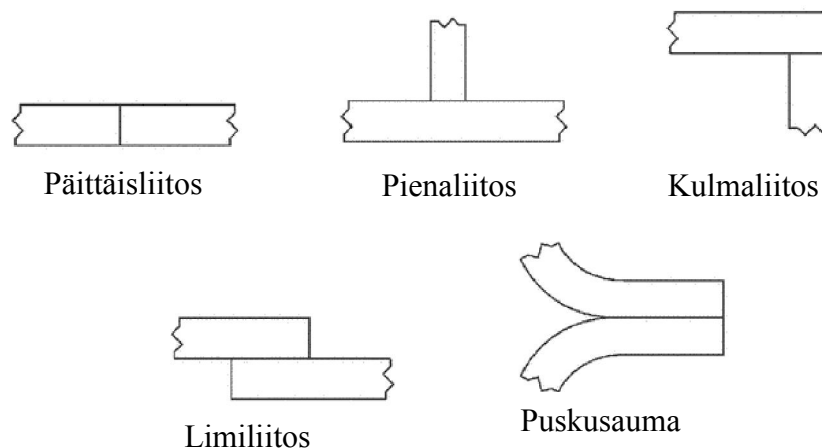
Raskaan teollisuuden ratkaisut ja ääriolosuhteissa käytettävät sovellukset vaativat myös teknisesti vaativia valmistusmenetelmiä. Asiakkaan materiaalivalintojen lisäksi hitsauslaatu ja muutosvyöhykkeen ominaisuudet ovat erityisen tärkeitä tekijöitä rakenteen kestävyyydessä. Kun valmistetaan painavia ja monimutkaisia kappaleita, on tärkeää, että hitsauslaitteet ovat turvallisia ja luotettavia. Turvallisuutta lisää muun muassa riskianalyysiin perustuva erilaisten suojausmenetelmien räätälöinti, kuten kotelointi, laitteen liikenoisuus rajoitukset, hitsaussuojukset, valoverhot, helppokäyttöiset ohjelmat, oikeiden menetelmien ja hitsaus parametrien valinta. (ISO 12100:2010; Pemamek 2016a)

3.1.1 Hitsausmenetelmät

Liitosmenetelmät voidaan jakaa neljään eri ryhmään: hitsaus, juotos, mekaaninen kiinnitys ja liimaliitos. Metallien lisäksi liitosmenetelmillä voidaan liittää lähes mitä tahansa materiaaleja. Riippuen menetelmästä, liitos voi olla joko pysyvä tai väliaikainen. Jotkin mekaaniset liitokset voidaan vielä irrottaa toisistaan, toisin kuin hitsatut, juotetut ja liimaliitetyt saumat, jotka ovat pääasiassa luonteeltaan pysyviä. (Campbell 2011)

Liitosmenetelmiä hyödynnetään, kun liitetään useita kappaleita toisiinsa isomman ja monimutkaisemman rakenteen aikaansaamiseksi. Vaikka menetelmiä on useita, yleisesti käytössä olevia perusliitostyyppejä on viisi erilaista: päittäis-, piena-, kulma- ja limiliitos sekä puskusauma (kuva 9). Sopivan liitostyyppin valinta riippuu valmistettavasta tuotteesta ja liitosmenetelmästä. Tuoteperusteisia tekijöitä liitostyyppin valintaan ovat erilaiset säädökset, standardit, käyttöön soveltuvuus, estetiikka, tarkastettavuus, kappalehinta sekä turvallisuustekijät ja erityisvaatimukset. Hitsausprosessin valintaan vaikuttaa muun muassa materiaalin tyyppi ja paksuus, liitosgeometria, liitoksen sijainti, käsittely, kiinnitykset, toistojen määrä ja tuottavuus. Metalleja hitsatessa valitaan usein päit-

täisliitos tai pienaliitos, sillä ne toimivat parhaiten hitseissä hyvien metallurgisten ominaisuuksien saavuttamiseksi. (Campbell 2011)

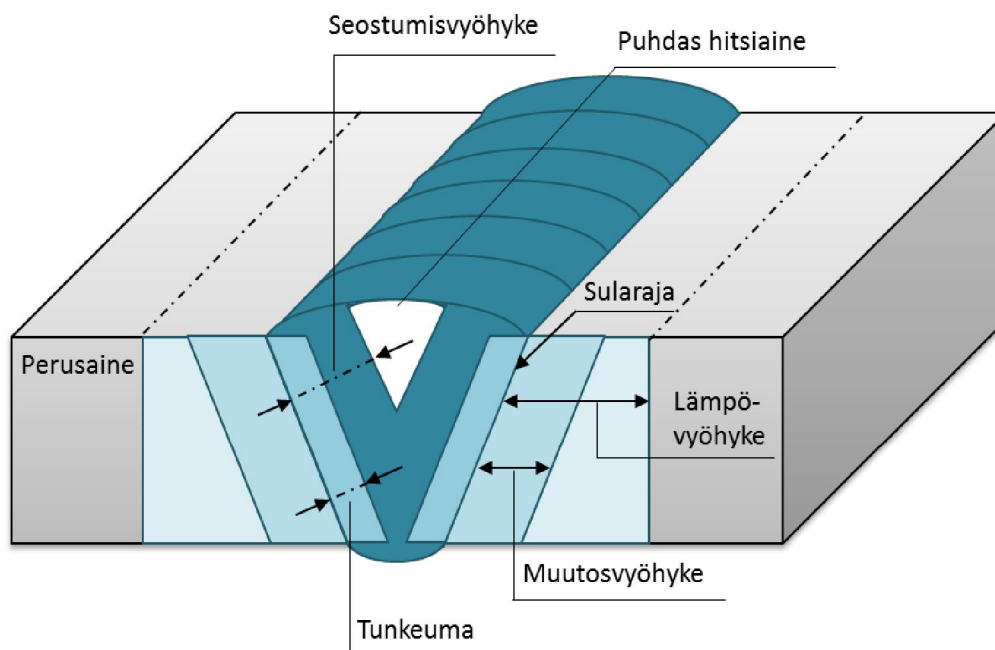


Kuva 9. Yleisimmät liitostyypit (perustuu lähteeseen Campbell 2011)

Hitsaus on merkittävä liitosmenetelmä, jolla yhdistetään pääasiassa metalleja ja termoplastisia materiaaleja. Liitos muodostetaan pääsääntöisesti joko sulahitsaus- tai puristushitsausprosessilla. Muita harvinaisempia prosesseja ovat muun muassa termiitti- ja ultraäänihitsaus. Sulahitsauksessa ulkoisella lämmönlähteellä sulatetaan työstettävien kappaleiden liitoskohdat sauman muodostamiseen, materiaalien jähmettymisen kautta. Puristushitsausmenetelmät perustuvat metalliseoksen plastiseen muodonmuutoksen mekaanisen kuormituksen avulla. (Campbell 2011)

Sulahitsausmenetelmät voidaan jaotella lämmönlähteen perusteella neljään ryhmään, joita ovat kaari-, vastus-, lasersäde- ja elektronisuihkuhitsaus. Menetelmistä kaarihitsaus on monipuolisin ja se sisältää laajan ryhmän liitosmenetelmiä erilaisilla hitsausparametreilla. Menetelmien välillä vaihtelevia hitsausparametreja ovat hitsauskaasu, hitsauksessa käytettävä elektrodi, joka voi olla sulamaton tai sulatettava ja erilaiset lisäaineet. (Campbell 2011)

Sulahitsauksen aikainen lämpökäsittelyprosessi aiheuttaa rakenteeseen metallurgisia muutoksia lämmön vaikutuksesta muodostuneella muutosalueella (HAZ) (kuva 10). Hitsi muodostuu perusaineen ja hitsausaineen sulaessa ja uudelleen kiinteytyessä seostumisvyöhykkeellä. Sularajan jälkeen lämpötila ei riitä sulattamaan materiaalia, mutta se on riittävä mikrorakenteen muokkautumiseksi. Heti sularajan jälkeen muodostuvan muutosvyöhykkeen mikrorakenne muokkautuu karkearakeiseksi samalla muuttaen materiaalin mekaanisia ominaisuuksia. Lämpö vaikuttaa vielä muutosvyöhykkeen jälkeen lämpövyöhykealueella. Muutosvyöhykerajan jälkeen rakenne on hienorakeista, eikä se vaikuta merkittävästi materiaalin mekaanisiin ominaisuuksiin. Vaikka materiaali lämpenee myös lämpövyöhykkeen ulkopuolella, se ei enää riitä muuttamaan materiaalin mikrorakennetta. (Glickstein et al. 2011; Tervolin 2018)



Kuva 10. Lämmönvaikutuksen alaiset vyöhykkeet (HAZ) päittäishitsissä (perustuu lähteeseen Lepola 2005)

Hitsauksen aikana paikallisesti materiaaliin kohdistunut lämpö ja lämmön vaikutuksesta muodostunut muutosalue (HAZ) ja erityisesti karkearakeinen muutosvyöhyke on hitsatun kappaleen ominaisuuksien ja laadun kannalta tärkeä. Puhdas hitsiaine muodostaa monimutkaisen valumaisen rakenteen ja lämpövyöhykkeen ulkopuolelle jäänyt perusaine säilyy muuttumattomana. Tunkeuman, eli sulaneen perusaineen syvyys riippuu materiaalin sulamislämpötilasta ja lämmöntuonnista. Seostumisvyöhykkeen koostumus riippuu hitsattavan materiaalin ja hitsiaineen seostumisasteesta ja hitsauksen toimintaolosuhteista. Sularajan jälkeen lämpö ei riitä muuttamaan merkittävästi materiaalin kemiallista koostumusta, mutta se riittää muokkaamaan mikrorakennetta HAZ alueella. Lämpövyöhykkeen rakenteeseen vaikuttaa merkittävästi huippulämpötila ja jäähtymisnopeus. (Tsai 2011; Tervolin 2018)

3.1.2 Hitsauslaatu

Tapauskohtainen tarvittava laatutaso tulisi määritellä kyseessä olevan sovelluksen standardin perusteella ja vastuussa oleva suunnittelija yhdessä valmistajan, käyttäjän tai muiden olennaisten osapuolien kanssa. Laatutaso tulee ennalta määrätä ennen tuotannon aloittamista. Luokitukset riippuvat hitsausmenetelmästä, materiaalista ja liitostyypistä. Luokituksiin on määritelty useita standardeja. Tervolin (2018) kertoo, että Pemamekilla hyödynnetään vähintään visuaalisiin menetelmiin perustuvaa laatuluokittelua. Asiakkaan tilauksesta suoritetaan lisäksi tarkemmat ainetta rikkomattomat testit ja käytetään ainetta rikkoviin tarkastusmenetelmiin perustuvaa laatuluokittelua, kolmannen osapuolen toimesta. Teräksen, nikkelin ja titaatin sulahitsatuille saumoille määritellyt laatu- luokitukset on esitetty standardissa SFS-EN ISO 5817 (2014). Hitsiluokkia on yhteensä

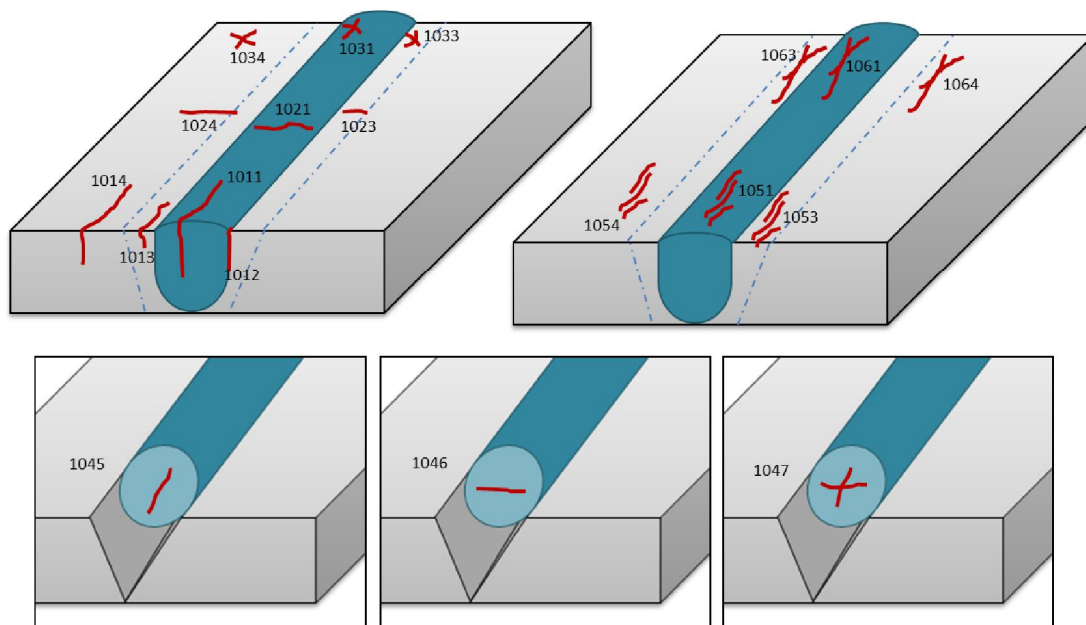
neljä, D, C, B ja B+, joista heikoin vaadittu laatu on visuaalinen laatu, eli D-luokka. C-luokka vastaa hyvää konepajalaatua, B-luokka on hitsiluokkalaatu ja vaativin on metallurginen laatu eli luokka B+. (ISO 5817:2014; Martikainen 2015; Tervolin 2018)

Pemamekilla vaatimus teknisten raporttien perusteella on, että valmistettavien hitsausautomaatiolaitteiden hitsauslaadun tulee vastata vähintään luokkaa B, joka on teollisuuden tarpeisiin vaadittava erinomainen hitsilaatu. Lisäluokalla B+ on käytännössä samat vaatimukset luokan B kanssa, mutta lisävaatimuksina voi olla esimerkiksi hitsipinnan hiomasileys tai elintarvikelaatu. Standardin laatuluokat määrittelevät hitsin laadun asettamalla epätäydellisyyksille sallitut rajat. Kun laite on asennettu asiakkaan tiloihin, palveluntarjoajan vastuulla on avustaa asiakasta oikeiden hitsausparametrien löytämisessä, mutta asiakkaalla on itsellä vastuu tuotantonsa hitsauslaadusta. (ISO 5817:2014; Pemamek 2018; Tervolin 2018)

Hitsi luokitellaan yleensä virhetyypeittäin. Standardi ISO 5817 (2014) jaottelee virheet neljään ryhmään; pinta-, sisäiset -, hitsausliitokseen kohdistuvat - ja useat samassa poikkileikkauksessa esiintyvät virheet. Missään hitsiluokassa ei sallita systemaattisesti toistuvia virheitä. Jokaisessa hitsiluokaryhmässä on virheitä, joita ei sallita lainkaan. Esimerkiksi luokan B hitsisaumassa pintavirheistä ei sallita halkeamia, pintahuokosia, avoimia imuonteloita, liitosvirheitä, vajaata hitsautumissyvyyttä juuressa, jatkuvaa reunahaavaa, valumia, vajonnutta tai läpivalunutta hitsiä, juuren huokoisuutta, uudelleenaloitusvirheitä, liian pientä a-mittaa eikä sytytysjälkiä. Mikään hitsi ei kuitenkaan ole koskaan täydellinen. Osa epätäydellisyyksistä on sallittuja luokituksen kannalta, mutta virherajat on määriteltä suhteessa hitsatun levyn paksuuteen tai maksimiesiintymänä. Pintavirheiden raja-arvollisia virheitä ovat esimerkiksi katkonainen reunahaava, korkea kupu päittäis- ja pienahitsissä (myös juuren puolella), kateettipoikkeama ja liian suuri a-mitta. Roiskeet ja päästöväri virheet arvioidaan tapauskohtaisesti, riippuen sovelluksesta. (ISO 5817:2014)

Sulahitsauksen hitsausvirheet ja virheiden luokittelu on listattu standardin ISO 6520-1 (2008) liitteessä 1. Näihin virheisiin viitataan hitsien luokitteluun vaadittavassa standardissa ISO 5817 (2014). Virheet ovat jaoteltu kuuteen vikaryhmään; halkeamat (kuva 11), ontelot (kuva 12), sulkeumat (kuva 13), liittymävirheet (kuva 14), muoto ja mitta- virheet (kuva 15) ja muut virheet (kuva 16). Hitsausvirheet ovat hitsissä esiintyviä poikkeamia geometrisestä oletusarvosta.

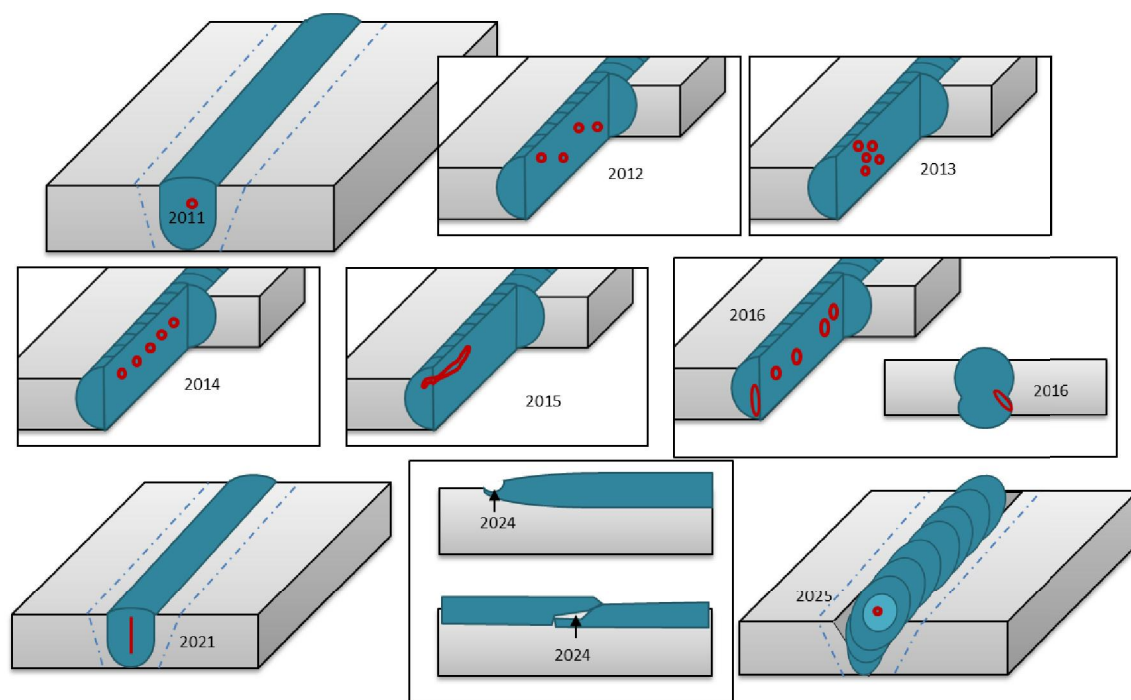
Hitsivirheet ovat numeroitu vikaluokan mukaan. Ensimmäinen numero viittaa vikaryhmään, kolminumeroinen numerosarja virheen päätyyppiin ja nelinumeroinen numerosarjan viimeinen numero viittaa virheen alatyyppeihin. Hitsivirheluokittelu merkitään esimerkiksi virheelle 100 seuraavasti: *virhe ISO 6520-1-100*.



Kuva 11. Halkeamaviat (perustuu lähteeseen ISO 6520-1:2008).

Standardin 6520-1 (2008) ensimmäisen ryhmän viat (kuva 11) perustuvat jäähtymisen aikana tai jännityksen vaikutuksesta aiheutuviin halkeamiin kiinteässä aineessa. Hitsin pituussuuntaisesti (101) esiintyvät halkeamat voivat esiintyä hitsiaineessa (1011), sularajalla (1012), muutosvyöhykkeellä (1013) tai perusaineessa (1014). Poikittaishalkeamat (102) esiintyvät hitsaussuuntaan nähden poikittain, säteittäishalkeamat (103) etenevät säteittäin yhdestä pisteestä, halkeamaryhmä (105) sisältää useita toisistaan erillään olevia railoja ja haarautuvat halkeamat (106) on ryhmä toisiinsa liittyviä railoja. Vikatyypit 102–103 ja 105–106 voivat sijaita hitsiaineessa (1021–1031 ja 1051–1061), muutosvyöhykkeellä (1023–1033 ja 1053–1063) tai perusaineessa (1024–1034 ja 1054–1064). Hitsipalon lopetuskohdassa saattaa esiintyä kraaterihalkeamia (104), poikittain (1046), pitkittäin (1045) tai säteittäin (1047). (ISO 6520-1:2008)

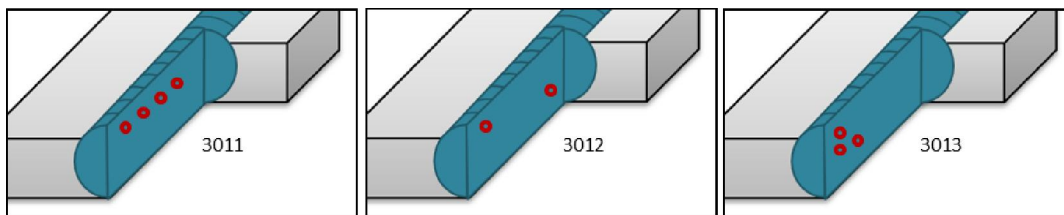
Mikäli halkeamatyypistä on tarve antaa täydellinen kuvaus, on suositeltavaa määritellä virhetyypin numerotunnuksen lisäksi standardin ISO 6520-1 (2008) liitteen A mukainen kirjaintunnus. Tunnus viittaa hitsauksen aikana ja hitsauksen jälkeen esiintyvään halkeamatyyppiin. Halkeamatyyppejä ovat esimerkiksi kuuma- (Ea), jähmettymis- (Eb), sulamis- (Ec) tai erkautumishalkeama (Ed). (ISO 6520-1:2008)



Kuva 12. Onteloviat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).

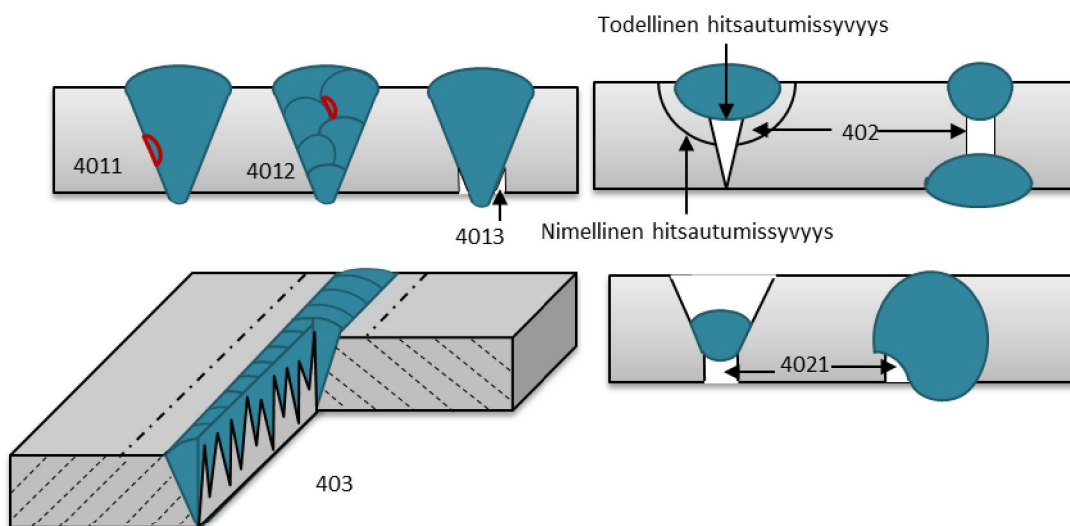
Kuvassa 12 on esitetty ryhmän 2 ontelovikoja, jotka ovat hitsauskaasujen aiheuttamia huokosia hitsiaineessa (201) tai hitsausaineen jäähmettymisen aiheuttamia kutistumison-teloita (202 ja 203). Kun hitsauskaasu ei pääse poistumaan hitsistä ennen palon jäähmettymistä, muodostuu pallomaisia huokosia, jotka voivat esiintyä tasaisesti (2012), ryhmittyneesti (2013) tai jonomaisesti (2014) hitsiaineessa. Kun ylimääräistä, poispääse-mätöntä kaasua on runsaasti, palkoon voi jäädä pitkittäissuuntaisia, suuria huokosia (2015) tai vapautuvan kaasun aiheuttamia putkimaisia huokosia, joita kutsutaan madon-reikähuokosiksi (2016). Madonreikien muodostumiseen vaikuttaa kaasun laatu ja hitsin jäähmettymistapa. Huokoisuus voi avautua myös hitsin pinnassa pintahuokoisuutena (2018). (ISO 6520-1:2008)

Hitsiaineen jäähmettymisen aikaisen kutistumisen aiheuttamat viat voivat ilmetä makro-skooppisina (202) tai mikroskooppisina kutistumisontelona (203). Rakeiden väliin syn-tyvä kutistumisontelo (2021) sijaitsee yleensä kohtisuorassa pintaan nähden ja se voi si-sältää loukkuun jäänyttä hitsauskaasua. Imuontelo (2024) eli *paippi*, ja avoin imuontelo (2025) syntyvät hitsipalon lopetuskohtaan. Avoin imuontelo avautuu hitsin pintaan. Mikro-kutistumisontelot voidaan havaita vain mikroskooppisella tarkastelulla. Mikro-kutistuminen voi muodostua rakeiden väliin (2031) tai seuraten raerajoja (2032). (ISO 6520-1:2008)



Kuva 13. Sulkeumaviat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).

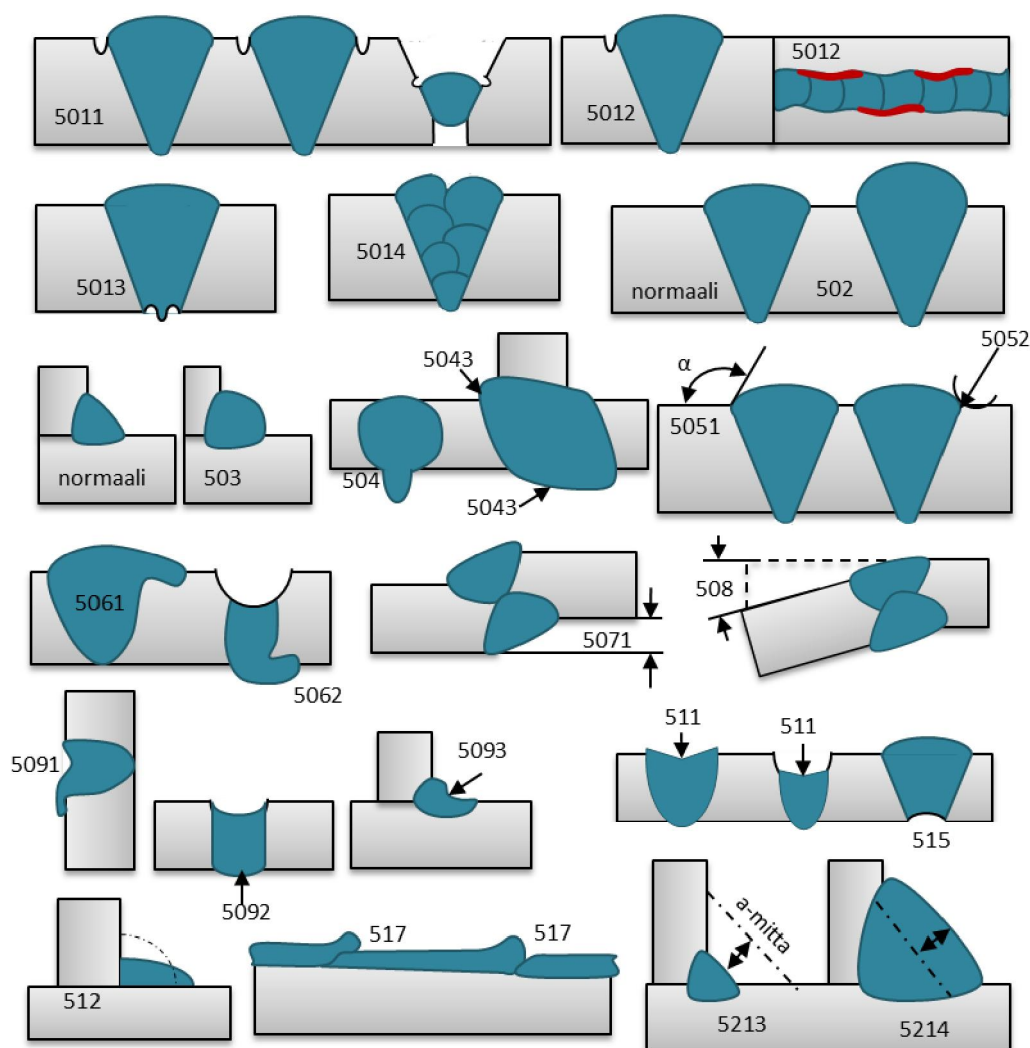
Kuvassa 13 on esitetty ryhmän 3 erilaisia sulkeumavikoja. Sulkeuma tarkoittaa hitsausaineen sisään jäänyttä vierasta ainetta. Sulkeuma voi syntyä kuona-aineista (301), juokutteesta (302), metallioksidoista (303) tai vieraasta metallipartikkelista (304). Sulkeumat voivat muodostua hitsiaineen sisään hajallaan (3012), jonossa (3011) tai ryhmässä (3013). Vieraat metallipartikkelit luokitellaan seuraavasti: volframisulkeuma (3041), kuparisulkeuma (3042) ja muut metallisulkeumat (3043). (ISO 6520-1:2008)



Kuva 14. Liittymävirheet (perustuu lähteeseen 6520-1:2008).

Kuvassa 14 on esitetty ryhmän 4 liittymävirheitä. Liitosvirheet (401) syntyvät kun hitsausaineen ja perusaineen välinen sidos jää epätäydelliseksi. Liitosvirheitä voi esiintyä railon reunassa (4011), hitsauspalkojen välissä (4012), hitsin juuressa (4013) tai mikroliitosvirheenä (4014), joka voidaan havaita tarkastelemalla mikroskooppilla. Liitosvirheitä voidaan kutsua myös termillä *kylmäjuoksu*. (ISO 6520-1:2008)

Liittymävirheitä aiheuttaa myös vajaa hitsautumissyvyys (402), joka on nimellisen hitsautumissyvyyden ja todellisen tunkeuman välinen ero. Hitsipalon juuressa liittymävirhe voi ilmetä hitsautumissyvyyden vajeudesta joko railon molemmiin puolin tai vain toispuoleisesti (4021). Liittymisvirheeksi luokitellaan myös voimakkaasti vaihteleva tunkeuma (403), jota esiintyy laser- ja elektronisuihkun hitsausmenetelmissä. Tämän liittymisvirheen ulkomuoto on voimakkaasti vaihteleva ja se voi sisältää onkaloita ja halkeamia. (ISO 6520-1:2008)



Kuva 15. Muoto- ja mittavirheet (perustuu lähteeseen 6520-1:2008)

Kuvassa 15 on esitetty ryhmän 5 muoto- ja mittavirheitä. Viidennen ryhmän virheitä on määritelty selkeästi eniten eri virheryhmistä. Tervolinin (2018) mukaan kaikista hitsaus virheistä juuri muoto- ja mittavirheet, kuten jyrkkä reunahaava, tasojen sovitusvirheet ja liiallinen huokoisuus ovat suurimmat tekijät, jotka johtavat hitsatun tuotteen hylkäämiseen röntgentarkastuksen perusteella. (Tervolin 2018)

Mitta- ja muotovirheiksi määritellään liitoksen epätäydellinen geometria ja hitsin ulkopinnan virheellinen muoto. Reunahaava syntyy hitsin palon reunaan uramaisena muotovirheenä. Niitä voi esiintyä koko hitsin matkalla jatkuvana reunahaavana (5011), pitkin hitsiä katkonaisia haavoja (5012), hitsin juuren puolella (5013), hitsin pituussuuntaisesti palkojen välissä (5014) tai lyhyinä ja epäsäännöllisinä paikallisesti hitsipalon vieressä tai pinnalla (5015). (ISO 6520-1:2008)

Liiallinen hitsiaineen syöttäminen johtaa merkittäviin muotovirheisiin, kuten liian korkean hitsiaineen kupuun. Liian korkeita kupuja esiintyy sekä päittäishitseissä (502) että pienahitseissä (503). Kupu voi olla liian korkea myös hitsin juuripuolella (504) ja se voi

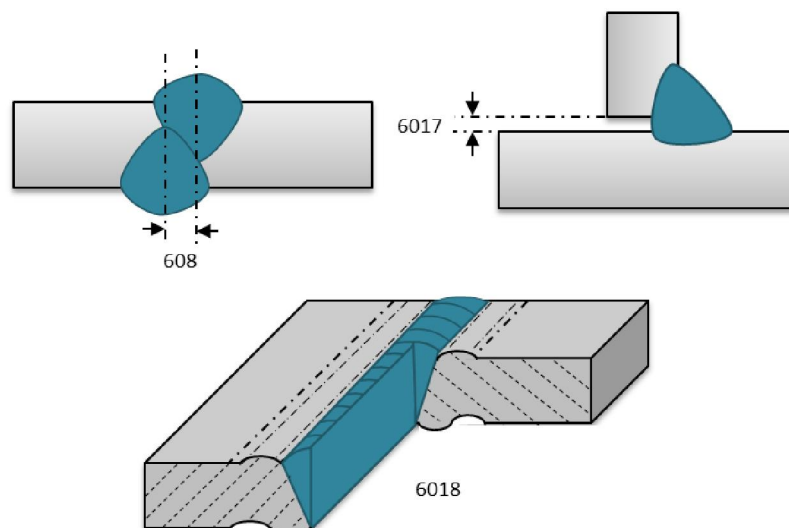
esiintyä paikallisesti (5041), jatkuvana (5042) tai läpivalumana (5043). Vaikka hitsikupu olisi sallituissa rajoissa, voi hitsipalon ja perusaineen liittymäkohdan välillä olla liian jyrkkä liittyminen (505). Jyrkkä liittyminen voidaan määrittää joko tangenttikulman (α) avulla (5051) tai hitsipalon rajaviivalla olevasta säteestä (5052). Epämuodostunutta kupua ja juurta voi aiheuttaa korkean kuvun ja kulmavirheen lisäksi hitsiaineen valuma (506). Valumaksi määritellään hitsiaine, joka on valunut perusaineen päälle sulattamatta sitä. Valumia esiintyy pinta- (5061) ja pohjapalossa (5062). (ISO 6520-1:2008)

Mittapoikkeama voi olla tasomainen sovitusrvirhe (507), joka esiintyy levyjen (5071) tai putkien sovitusrvirheenä (5072). Mittavirheenä kulmapoikkeama (508) tarkoittaa virhetta, jossa levyjen päät ovat kohdistettu tasan, mutta tasojen kulma on toisistaan poikkeava. Lisäksi mittapoikkeamia ovat hitsin liian suuri muodonmuutos (520) jähmettymisen aikaisen kutistumisen aiheuttamana, virheelliset hitsin mitat (521), jotka poikkeavat suunnitelluista hitsin mitoista. Virheellisiä mittoja ovat liian suuri hitsin paksuus (5211) tai liian suuri leveys (5212) sekä pienahitsissä liian pieni (5213) tai liian suuri a-mitta (5214). (ISO 6520-1:2008)

Hitsin pinnan virheellinen muoto voi johtua hitsiaineen vajoamisesta (509). Vajoamisvirheet esiintyvät erilaisilla hitseillä pystyasennossa hitsattuna (5091), *jalkoasennossa* (5092) eli vaakasuuntaisesti hitsattuna, pienahitsillä (5093) tai hitsin reunassa (5094). Tilanteissa, joissa hitsiaine vajoaa rakenteen läpi (510) hitsiin aiheutuu reikä. Pintapuoleisesti hitsiaineen vajoamista muistuttava hitsausvirhe on vajaa hitsikupu (511), joka johtuu riittämättömästä railon täyttymisestä. Vajaa kupu voi esiintyä jatkuvana tai epä-jatkuvana urana hitsin suuntaisesti. Pienahitsissä riittämätön hitsiaine tai väärä hitsausasento aiheuttaa kateettipoikkeamia (512). Poikkeama syntyy, kun pienahitsin reumat ovat epäsymmetriset. (ISO 6520-1:2008)

Muoto- ja mittapoikkeamavikoja, jotka syntyvät lähinnä manuaalisen hitsauksen aikana ovat epäsäännöllinen hitsin leveys (513) ja epätasainen hitsin pinta (514). Automatisoidussa hitsissä langan syöttö on tasaisempaa, jolloin epäsäännöllisen hitsin leveyden tai pinnan muodostuminen on harvinaisempaa. Katkonaisesti hitsatussa saumassa on riskinä uudelleenaloitusvirhe (517), joka voi ilmetä pintapalon (5171) tai pohjapalon (5172) epämuodostumana jatkoskohdassa. (ISO 6520-1:2008)

Hitsiaineen kutistuminen voi aiheuttaa päittäishitsiin vajaan juuren (515). Vajaa juuri ja reunahaavaa (5013) voivat muistuttaa pitkälti toisiaan ja niiden sekoittaminen keskenään on mahdollista. Reunahaavan ura on terävämpi ja vajaan juuren ominaispiirre on, että juurisärmät ovat sulaneet. Muita juuren ulkonäköön vaikuttavia tekijöitä on jähmettymisen aikana vapautuneet hitsauskaasut, jotka muodostavat juureen huokoisuutta (516). Huokoisuus aiheuttaa röpelöisen, sienimäisen pinnan. (ISO 6520-1:2008)



Kuva 16. Muut viat (perustuu lähteeseen 6520-1:2008)

Ryhmä 6 sisältää kaikki muut hitsausvirheet, joita ei ole luokiteltu ryhmissä 1–5. Kuvasessa 16 on esitetty osa muista hitsausvioista. Virheiden vakavuus vaihtelee kosmeettisista vioista rakenteellisiin, vakavampiin virheisiin, jotka voivat estää kokonaan tuotteen käytön. Kosmeettisia vikoja on paikallinen sytytysjälki (601) railon ulkopuolella sytytetystä valokaaresta, roiskeet lisäaineista, hitsiaineista (602) tai elektrodina käytetystä wolframista (6021). Tilapäisten kiinnikkeiden poistamisesta aiheutuva vioittunut pinta, (603) hiontajäljet (604) ja talttausjäljet (605) aiheuttavat paikallisia pintavaurioita. Suojakaasun puutteesta aiheutuva oksidoituminen jättää päästöväriä (610). Värivirhe (6101) syntyy hitsiaineen pintaan ja muutosvyöhykkeelle. Voimakkaasti oksidoitunut pinta (613), juoksutejäänne (614) ja kuonajäänne (615) ovat kosmeettisia virheitä, jotka saattavat johtaa korroosioon tuotteen käytön aikana ja sitä kautta rakenteellisiin ongelmiin. (ISO 6520-1:2008)

Rakenteellisia ongelmia aiheuttaa liiallinen hionta (606), jolloin työkappaleen paksuus kärsii. Silloitusvirhe (607) johtaa virheellisen silloituksen päälle hitsaamiseen (6072) tai palon murtumaan tai puutteelliseen tunkeumaan (6071). Molemmiin puolin hitsatussa rakenteessa virheellinen kohdistus (608), pienahitsien sovitusvirhe (6017) ja kevytmetallien hitsausliitoksissa esiintyvä turpoama (6018) johtavat usein hitsin hylkäämiseen tai rakenteen ominaisuuksien heikentymiseen. (ISO 6520-1:2008)

Standardin (ISO 5817:2014) laatuluokituksia voidaan soveltaa yli 0,5 mm ainepaksuudelle ja läpihitsattaville päittäis- ja pienaliitoksille. Luokitukset voidaan määrittellä muun muassa jauhekaarihitsatuille ja metallikaarihitsatuille saumoille. Laserhitsatuille saumoille on olemassa omat luokitusstandardit. Luokitukset perustuvat hitsausvirheiden raja-arvoihin, eikä luokituksissa oteta kantaa metallurgisiin tekijöihin kuten raekokoon tai ainekovuuteen.

Hitsauslaadun optimoimiseen organisaatiossa voidaan ottaa käyttöön ISO 3834-standardisarjassa määritellyt sulahitsauksen laatuvaatimukset, erityisesti jos yrityksellä on tarve esittää pätevyytensä erilaisissa spesifikaatioissa, tuotestandeissa ja viranomaista vaatimuksissa. Tuotekohtaiset vaatimukset asetetaan vastaamaan joko standardia ISO 3834-2 (2006), joka määrittelee kattavat laatuvaatimukset, ISO 3834-3 (2006), josta selviää vakiolaatuvaatimukset tai ISO 3834-4 (2006) peruslaatuvaatimuksille, riippuen kohteen käyttötarkoituksesta. Hitsauslaadun standardeja voidaan käyttää erikseen tai yhdessä laadunhallintajärjestelmästandardin ISO 9001 (2015) kanssa. (ISO 3834-1:2006)

Hyvä ja tarkoituksenmukainen hitsauslaatu ja tuottavuus paksuille levyrakenteille ja vaativiin olosuhteisiin tarkoitetut sovellukset vaativat automatisoituja hitsausratkaisuja ja joissain tapauksissa hitsausrobotiikan käyttöä. Automatisoidun hitsauksen etuja ovat joustavuus, ohjelmoitavuus ja tarkkuus. Hitsausautomaatio- ja robottihitsauslaitteet suoriutuvat teollisista toimista ihmistä paremmin, hitsausjälki on tasaisempaa ja hitsaukseen käytettävä aika vähenee. Automatisoiduissa hitsausratkaisuissa laadun toistettavuus paranee, kun inhimilliset virheet karsiutuvat pois samalla parantaen inhimillisiä työoloja ja ergonomiaa. Laatu ei kuitenkaan ole itsestäänselvyys, vaikka hitsauspään kuljettaminen tapahtuu mekanisoidusti. Laadun tuottamiseen vaadittavat toimenpiteet painottuvat hitsausta ennen suoritettaviin toimiin. Tärkeitä laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat hitsattava materiaali ja sen pinnan laatu, liitettävät osat ja hitsausrailo, oikeat hitsausparametrit, laitteen varustelut sekä kiinnittimet ja kappaleen silloitushitsaus. (Pires 2006; Martikainen 2015; Tervolin 2018)

Hitsin metallurginen laatu on saavutettu, kun hitsi täyttää hyväksyttävästi asetetut vaatimukset, liitoksen mikrorakenne on riittävän sitkeä ja raekoon kasvu on hillittyä sularaajan vieressä. Raekoon kasvu aiheuttaa sitkeyden alenemista. Seosaineiden on jakauduttava tasaisesti koko hitsin matkalta. Epätasainen seosaineiden jakautuminen aiheuttaa erityisesti pistekorrosioherkkyyttä. Hitsaukselle voidaan määritellä metallurgisen laadun lisäksi myös teknisiä laatuominaisuuksia. Tekninen laatu on esimerkiksi sitä kun suunnittelu, valmistus ja hankinta toivat hyvin yhteen, materiaalit ovat tunnistettavissa, työohjeet ovat selkeitä ja asianmukaisia, työ on ergonomista ja se etenee suunnitelmien mukaan eikä aiheuta pullonkauloja, sekä kokoonpanossa liitettävät osat ovat yhteensopivia. (Martikainen 2015)

3.1.3 Testaus ja tarkastus

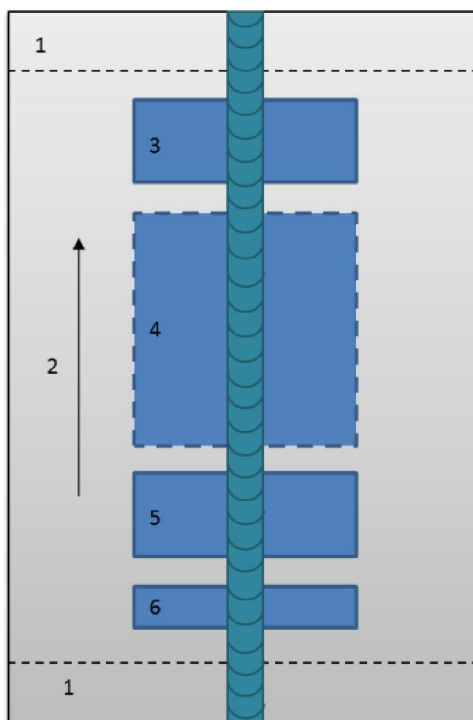
Luotettavan ja tasaisen tuotannon sekä turvallisen käytön takaamiseksi hitsausprosessi vaatii toimintojen koordinoitua asiaan soveltuvan henkilön toimesta. Hitsauskoordinoijalla on oltava hyväksyttävä kansallinen pätevyys, joka kattaa teknisen osaamisen hitsauksen esivalmisteluihin, toteutukseen, valvontaan sekä tarkistukseen ja testaamiseen. Hitsauskoordinoijan vastuulla on hyväksyä hitsaukseen liittyvät asiakirjat, kuten valvontaraportti ja menetelmäohje. (ISO 14731:2006; Toikka 2015)

Hitsattavalle testikappaleelle laaditaan alustava hitsausohje (pWPS) yleensä kolmelle eri ainevahvuudelle ottamalla huomioon standardissa ISO 15609-1 (2004) määritellyt tekijät. Standardi soveltuu kaarihitsausprosesseille ja siinä esitetään hitsauslaatuun vaikuttavat muuttujat. Valmistajakohtaisten tietojen lisäksi ohjeeseen merkitään perusainetietoa pin tiedot ja hitsausmenetelmää koskevat tiedot. Standardissa määritellään myös tiettyä hitsausprosessiryhmää koskevat tiedot, joita sovelletaan määrättyihin hitsausprosesseihin. Hitsausohjeeseen merkittäviä hitsattavan materiaalin perusainetietoja ovat mitat, kuten ainepaksuus ja ainepaksuusalue. Hitsausmenetelmiin liittyviä, hitsauslaatuun vaikuttavia tekijöitä ovat hitsausprosessi, liitosrakenne, hitsausasento, railon geometria ja hitsaustekniikka, juurituki, hitsaus-, lisä- ja apuaineet (*lanka, suojakaasu, hitsausjauhe*), hitsausarvot, kuten virtalaji ja -alue, hitsaustekniikka (*mekaaninen, automaattinen*), kuljetusnopeus- ja langan syöttönopeus, lämmöntuonti, esilämmitys ja ylläpitolämpö, välipalkohitsauksessa palkokartta ja välipalkolämpötila. Jälkikäsitteilyyn liittyviä ohjeeseen kirjattavia asioita ovat vedynpoistohehkutuksen tiedot ja muut lämpökäsittelyparametrit. (ISO 15609-1:2004; Tervolin 2018)

Alustava hitsausohje hyväksytään standardissa ISO 15607 (2004) määriteltyjen menetelmien perusteella, riippuen käytettävästä sovelluksesta. Alustava ohje voidaan hyväksyä joko menetelmäkokeella, testaamalla hitsausaineet, aikaisemman hitsauskokemuksen perusteella, standardisoidulla ohjeella tai esituotannollisilla kokeilla. Alustavaa hitsausohjetta käytetään hyväksymispöytäkirjan (WPQR) perustana ja menetelmän hyväksymisen jälkeen varsinaiseen hitsausohjeeseen lisätään viittaus hitsauksen hyväksymispöytäkirjaan. (ISO 15607:2004)

Varsinainen hitsausohje viimeistellään ja hyväksytään standardissa ISO 15614-1 (2017) määriteltyjen hitsausohjeiden hyväksymiseen tarkoitettujen menetelmäkokeiden perusteella. Standardissa määriteltyjä vaatimuksia voidaan soveltaa useille erilaisille sulahitsausmenetelmille, mutta laser-MAG-hybridimenetelmälle on oma standardi (ISO 15614-14:2013) hitsausohjeiden hyväksymiseen. Hitsin vaatimustenmukaisuus määritellään hyväksytyn ohjeen mukaisesti hitsatuista testikappaleista vertailemalla sitä hitsiluokkien määrittelyn standardiin ISO 5817 (2014). (ISO 15607:2004)

Testikappaleen valmistelussa on varmistettava materiaalin jäljitettävyys merkitsemällä kappaleisiin riittävät tunnistet. Standardi ISO 15614-1 (2017) määrittelee hitsaustesteihin käytettävien koekappaleiden valmisteluun tarvittavat tiedot, kuten mitat, muodot ja toistojen määrä. Testauksien laajuus riippuu tuotestandardeista ja asiakkaan toiveista. Standardissa määritellään suppeamman tason 1 ja laajemman tason 2 testausmenetelmät ja testien laajuus. Kuvassa 17 on esitetty standardin ISO 15614-1 (2017) mukainen koesauva-asettelu päittäishitsatulle testikappaleelle. (ISO 15614-1:2017)



Kuva 17. Koesauvojen sijainti testikappaleessa (perustuu lähteeseen ISO 15614-1:2017)

Kuvan 17 esityksessä, numero 2 osoittaa testikappaleen hitsaussuunnan. Koesauvat valmistellaan siten, että koekappaleen päistä poistetaan ensin numerolla 1 merkityt, 25 mm levyiset palat. Alueilta 3 ja 5 irrotetaan yksi vetokoesauva ja taivutuskoesauvat, alueelta 4 iskukoesauva ja alueelta 6 mikrohie ja kovuuskoesauvat. (ISO 15614-1:2017)

Pemamekin laitteilla valmistettaville yksinkertaisille hitsirakenteille suoritetaan vähintään visuaalinen tarkastus ja varmistetaan visuaalinen hitsilaatu. Asiakkaan tilauksesta tai tuotestandardien niin vaatiessa, tehdään kattavammat testit, kuten alustavat makrohie, kovuusmittaukset, tunkeumatarkastus ja ultraääni- tai röntgentarkastus. Kun testattavien ominaisuuksien todetaan olevan kunnossa, suoritetaan veto-, isku-, taivutus- ja kovuuskokeet. Jotkin vaativimpiin olosuhteisiin valmistettavat rakenteet, kuten offshore-sovellukset, vaativat iskukokeen jopa 40–50°C pakkasessa. Pakkasasteissa suoritetuilla testeillä tutkitaan, käyttäytyykö materiaali sitkeästi vai hauraasti vaikeissa olosuhteissa. Testikappaleen rakenteelliset vaatimukset riippuvat työstettävästä materiaalista ja sovelluksesta, johon lopullinen tuote on tarkoitus ottaa käyttöön. (Tervolin 2018)

3.2 Laadunhallintajärjestelmäselvityksen osatehtävät

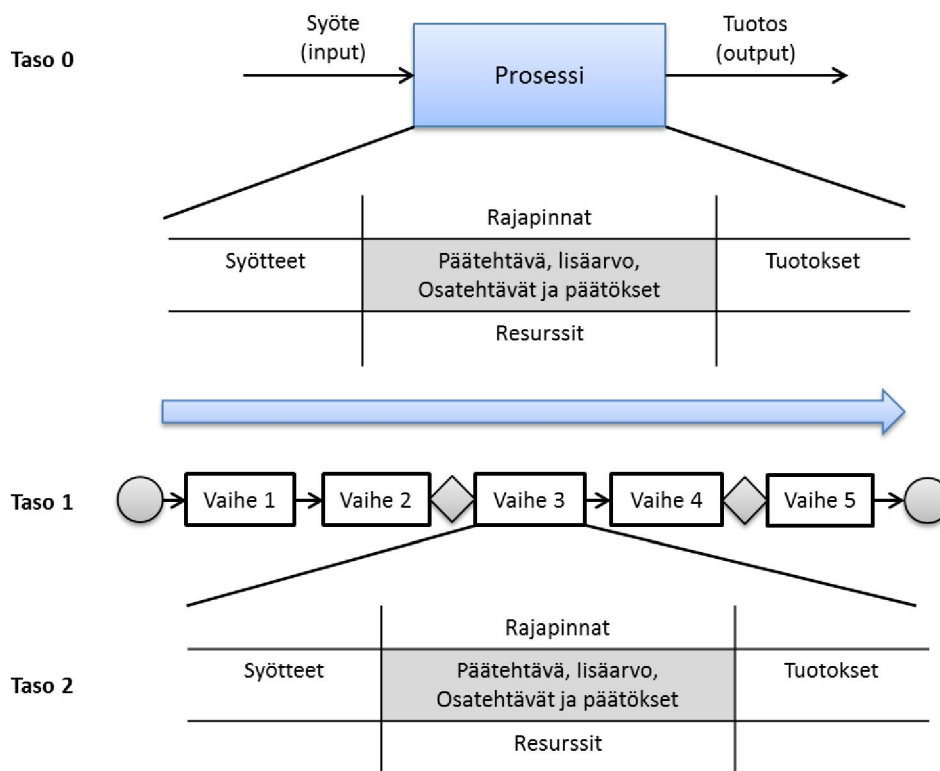
Toimivan laadunhallintajärjestelmän laatiminen vaatii organisaation toimintaympäristön ja toimintaprosessien nykytilan ymmärrystä. Standardissa ISO 9001 (2015) määritellään, että laadunhallintajärjestelmää varten on oltava tarvittavat prosessit ja niitä on ylläpidettävä standardin mukaisesti. Jos prosesseja ei ole tunnistettu ja määritelty asiamukaisesti, niitä ei pystytä ylläpitämään. (ISO 9001:2015)

Organisaation prosesseista mallinnettu prosessikuvaus auttaa laatu järjestelmään tarvittavien prosessien määrittelyssä ja tahtotilaan vaadittavien kehitystoimenpiteiden tunnistamisessa. Lisäksi siitä on apua toiminnan kokonaisuuden hahmottamisessa ja ISO 9001 standardin mukaisuuden nykytilakartoituksessa. Prosessien mallintamiseen on useita eri tapoja ja menetelmiä, mutta tässä tutkimuksessa mallinnus on toteutettu visionohjelmalla.

3.2.1 Organisaation prosessikuvaus

Tässä työssä tarkasteltavan organisaation prosessikuvauksen pohjatietona hyödynnettiin yrityksessä aikaisemmin keväällä 2017 valmistettua organisaation karkean tason prosessiselvitystä (Levomäki 2017). Prosessiselvitys on toteutettu haastattelemalla osastojohdajia ja mallintamalla osastojen mukaan jaettu prosessikaavio. Selvitystyöstä hyödynnettyjä syötteitä olivat osastojohtajien haastattelumateriaali ja visiolla mallinnettu organisaatioprosessi.

Karkean tason prosessikuvaus (kuva 18) tarkoittaa ydinprosessien rajaamista, jossa tunnistetaan ja kuvataan lisäarvoa tuottavat tehtävät sekä niihin liittyvät tieto ja materiaali virrat. Tasolla nolla rajataan selkeät alku- ja loppukohdat koko ydinprosessille. Prosessista rajataan syötteiden ja tuotosten lisäksi prosessin rajapinnat, päätehtävät ja osatehtävät, prosessin tuottama lisäarvo sekä resurssit. (Martinsuo et al. 2010)



Kuva 18. Prosessin karkea kuvaus, tasot 0–2 (Martinsuo et al. 2010).

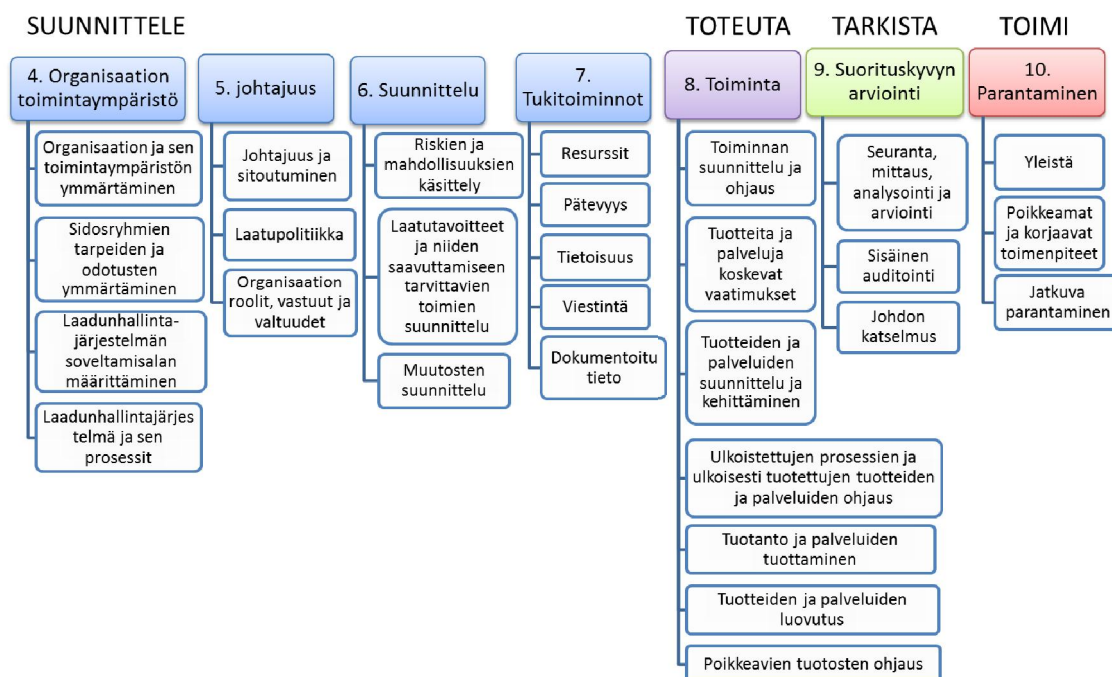
Tason 1 karkeassa kuvauksessa esitetään ydinprosessin vaiheet tai osaprosessit. Kun kuvataan prosessin nykytilaa, edetään alusta loppuun, seuraamalla arvoa tuottavia tehtäviä sekä tieto- ja materiaalivirtoja. Tasolla 2 kuvataan tasolla 1 tunnistettujen vaiheiden tai osaprosessien sisältö. (Martinsuo et al. 2010)

Työ aloitettiin tutustumalla Levomäen (2017) karkean tason prosessiselvitykseen. Karkean tason prosessiselvityksen pohjalta tunnistettiin kohdeyrityksen ydin- ja tukiprosessit, joista hahmoteltiin yksinkertainen organisaation toimintaa kuvaava prosessikartta. Ydinprosesseista mallinnettiin Martinsuon (2010) esittämän mallin mukaiset karkean tason prosessikuvaukset. Kuvauksia analysoidaan tämän työn kappaleessa 4.1 tulosten tarkastelussa ja hyödynnetään toiminnan ISO 9001 standardinmukaisuustarkastelun tehtävissä.

3.2.2 Toiminnan ISO 9001 standardinmukaisuus

Toiminnan ISO 9001 (2015) standardinmukaisuustarkastelussa analysoitiin Pemamekin toimintamallia ja verrattiin toiminnan nykytilaa tarkasteltavaan standardiin. Vertailun ja analysoinnin apuna käytettiin laadunhallintajärjestelmästandardin soveltamisopasta, standardia ISO/TS 9002 (2017). Standardin soveltamisoppaassa on käyty läpi mahdollisia tapoja ja tilanteita, miten standardia voidaan soveltaa sekä annettu esimerkkejä erilaisten yritysten näkökulmasta.

Standardinmukaisuustarkastelu suoritettiin haastatteleamalla yrityksen johtoryhmän edustajia (*toimitusjohtaja, operatiivinen johtaja sekä koneturvallisuus- ja laatujohtaja*). Haastattelut sisälsivät avointa keskustelua ja pohdintaa standardin vaatimuksista sekä toiminnan tilasta ja kehitystarpeista. Haastatteluista kirjattiin muistiinpanoja ja tulokset standardin kohdan täyttymisestä merkittiin standardin sisällön mukaiseen excel-taulukkoon. Haastattelun muistiinpanojen perusteella analysoitiin toiminnan vaatimustenmukaisuusvertailua ja pohdittiin kehitystarpeita. Haastatteluissa seurattiin kronologisesti standardin otsikointia, joka muodostaa PDCA-mallin mukaisen rakenteen, kuvassa 19 esitetyllä tavalla.



Kuva 19. ISO 9001 otsikoinnin muodostama PDCA-rakenne (perustuu lähteeseen ISO 9001:2015)

Tulosten analysoinnissa on pyritty nostamaan esiin toiminnot, jotka täyttävät standardin määrittelyt sekä kuvattu ne osa-alueet, jotka vaativat toimenpiteitä standardin asetusten täyttymiseksi. Lisäksi tulosten tarkastelussa on mietitty, millä toimenpiteillä toiminnan kehittäminen on aloitettava, jotta muutosprosessin käynnistäminen toimisi mahdollisimman sujuvasti. Laadunhallintajärjestelmän kehittämistä on tarkoitus jatkaa vielä tämän diplomityön jälkeen.

3.3 Koneturvallisuusprosessin vaatimustenmukaisuustarkastelun osatehtävät

Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto vaatii yritykseltä organisaatioprosessien määrittelyä, josta selviää prosessien toiminta, tarvittavat lähtötiedot ja odotettavat tuotokset sekä prosessien järjestys ja keskinäinen vuorovaikutus (ISO 9001:2015). Laadunhallintajärjestelmää varten tarvittava prosessien tarkempi määrittely aloitettiin tässä tutkimuksessa koneturvallisuusprosessista. Prosessista selvitettiin tarkka määrittely ja tutkittiin toiminnan vaatimustenmukaisuutta.

Tutkimusmenetelmä oli tarkoitus muodostaa siten, että samaa menetelmää voitaisiin hyödyntää jatkossa muita organisaatioprosesseja tarkastellessa. Menetelmän hyödyntäminen muiden organisaatioprosessien määrittelyyn helpottaa laadunhallintajärjestelmän käyttöönottoa. Työtä jatketaan ydinprosessien toiminnan tarkastelulla.

3.3.1 Koneturvallisuusprosessi ja sen sidosryhmät

Koneturvallisuusprosessin sekä sen sidosryhmien määrittely aloitettiin tutustumalla prosessin sisäisiin toimintavaiheisiin ja osatehtäviin. Prosessin vaiheista mallinnettiin kuvan 18 mukainen osaprosessikuvaus (*taso 1*) ja prosessin sisällön kuvaus (*taso 2*). Jotta prosessista voitiin tunnistaa prosessin sidosryhmät ja niiden keskeinen vuorovaikutus koneturvallisuusprosessin kanssa, oli määriteltävä karkean prosessikuvauksen ja sen analysoinnin lisäksi tarkempi prosessikuvaus.

Yleisesti, prosessikuvauksen yksityiskohtaisempi kuvaus on syytä suorittaa organisaation toiminnan kannalta kriittisille prosesseille. Tarkemmassa kuvauksessa tehtäville kohdennetaan tarvittavat resurssit. Vuokaaviokuvaukseen erotellaan prosessin tehtävät ja niiden keskinäinen riippuvuus sekä tehtäviin liittyvät roolit ja vastuut. Yksityiskohmainen prosessin mallintaminen voidaan suorittaa monella erilaisella kuvaustavalla. (Martinsuo et al. 2010)

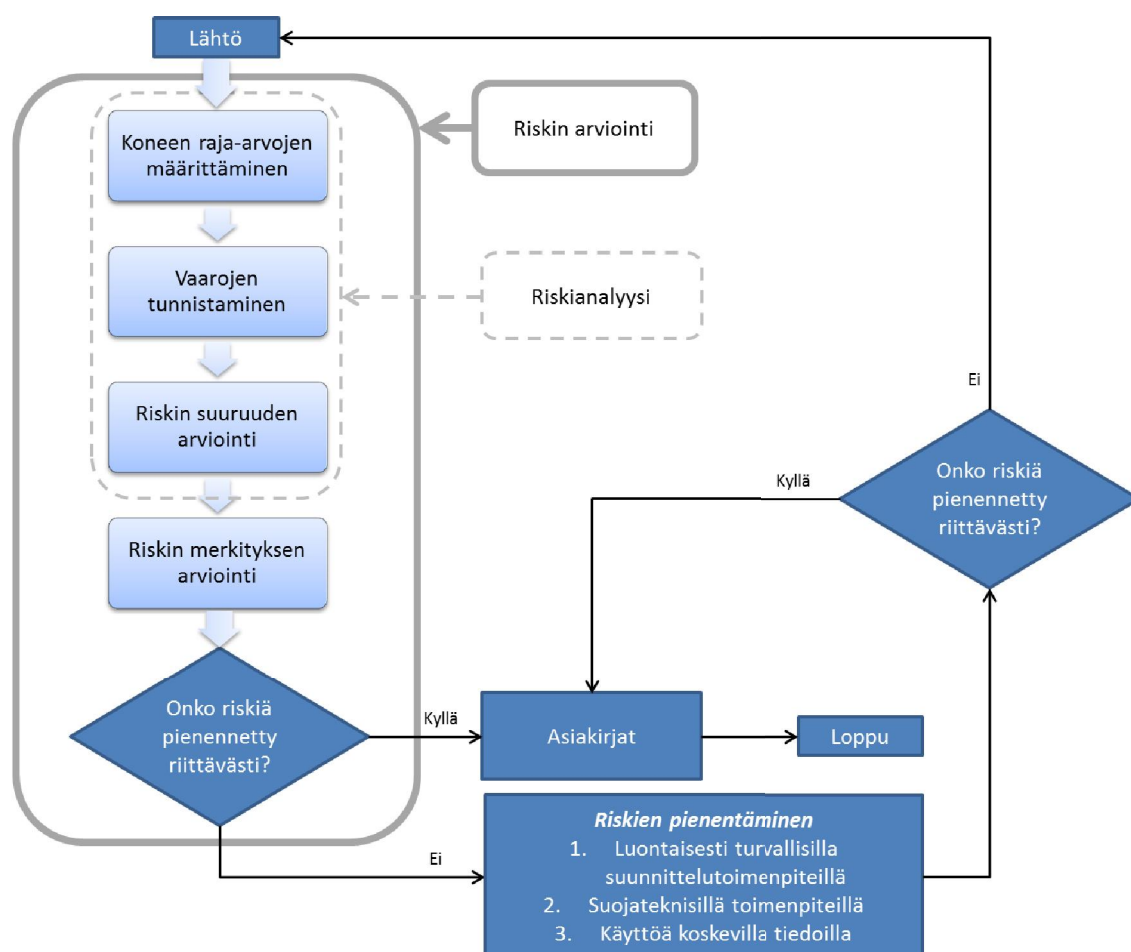
Tässä työssä tarkempi määrittely koneturvallisuusprosessista kuvattiin tuloksiin uimarakaaviona, käyttäen Visio-ohjelmaa ja prosessikuvauksen keskeisiä merkintätapoja. Visuaalinen kuvaus pyrittiin pitämään ajallisesti jatkuvana ja toimintoja on selkeytetty värikoodeilla. Lisätiedot kirjattiin erikseen raportin muotoon tulosten tarkasteluun. Prosessikuvaus mallinnettiin toiminnan nykytilasta haastatteleamalla turvallisuus- ja dokumentointiosastojen tehtävistä vastuussa olevia henkilöitä sekä sidosryhmiksi tunnistettuja projektiosaston sekä suunnitteluosastojen edustajia. Liitteessä A nähtävillä oleva mallinnus on esitys koneturvallisuusprosessia vastaavasta prosessista. Kehityskohteita ja toimenpidetarpeita analysoitiin tarkemmin tulosten tarkastelussa.

3.3.2 Turvallisuussuunnittelun ISO 12100 standardinmukaisuus

Tuloksissa arvioidaan koneturvallisuusprosessin standardin ja säädösten mukaisuutta. Vertailuun valittiin kolme erilaista projektiasemaa sekä kaksi vakiolaitetta. Projektilaitteista tarkasteltiin robottihitsausasemaa, moniosaista paneelilinjaa, eväputkipaneelilinjaa sekä vakiolaitteista N-tyypin rullastoa ja C&B tornia. Vertailussa tarkasteltiin valittujen koneiden riskianalyysia, turvallisuussuunnitelmaa, dokumentoituja teknisiä tietoja ja käyttöohjeita.

Nykyinen riskianalyysi on valmisteltu käyttäen runkona standardia ISO 12100-1 (2003, kumottu 2010). Riskianalyysin pohjana käytetty standardi on korvattu sen kumonneella standardilla ISO 12100 (2010). Tässä työssä riskien arvioinnin standardinmukaisuutta vertaillaan voimassa olevaan standardiin ja katselmoidaan, miltä osin vaatimukset eivät toteudu määritelmien mukaan.

Standardin ISO 12100 (2010) tarkoituksena on olla tukena koneen suunnitteluvaiheessa ja ohjeistaa koneen kehittämisessä. Standardin suunnitteluperiaatteiden avulla voidaan varmistaa koneen turvallisuus sen koko elinkaaren aikana, kun mahdollisia riskejä on pienennetty riittävästi. Standardi esittää perusteet, yleisiä näkökohtia ja turvallistamisen suunnitteluperiaatteita, joita voidaan soveltaa yleisesti erilaisiin koneisiin. Standardi ei erikseen käsittele tiettyjä turvallisuusnäkökohtia tai tietyn koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia, mutta sisältää viittauksia tarkempien turvatoimien standardeihin. Standardi ISO 12100 (2010) käsittelee riskien pienentämisprosessia (kuva 20), jonka osaprosessit ovat riskien arviointi ja riskien pienentäminen. Tässä työssä koneturvallisuusprosessin ISO 12100 standardin mukaisuusvertailu on rajattu käsittelemään vain riskien arviointia (kuvassa 20 harmaalla rajattu alue).



Kuva 20. Riskin pienentämisprosessi (perustuu lähteeseen ISO 12100:2010)

Riskien pienentäminen tarjoaa ensisijaisesti koneen suunnittelijoille keinot riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi kone- ja suunnitteluteknisin keinoin. Rajaus asetettiin tähän työhön, sillä riskien tekninen pienentäminen liittyy koneturvallisuusprosessiin lähinnä rajapintana suunnitteluprosessien kautta. Riskien pienentämistä käsitellään yrityksessä myöhemmin laadunhallintajärjestelmän valmistelun yhteydessä. Lisäksi tuloksissa tarkastellaan konedirektiivin (2006/42/EY) merkitystä koneturvallisuuden tarkasteluun.

3.3.3 Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 standardinmukaisuus

Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 (2015) standardinmukaisuustarkastelu suoritettiin pitkälti samalla menetelmällä, kuin koko organisaation toimintajärjestelmän vaatimustenmukaisuustarkastelu (kappale 3.2.2). Poikkeuksena koko organisaation standardinmukaisuusvertailuun, koneturvallisuusprosessista valmisteltiin karkean prosessimääritelmän lisäksi myös kattava prosessikuvaus. Kattava prosessinkuvaus toimi pohjatietona vertaillessa prosessia laadunhallintajärjestelmän vaatimuksiin.

Standardia ISO 9001 (2015) ei voida täysin soveltaa yksittäiseen osaprosessiin, sillä se on tarkoitettu ydinprosessien ja koko toimintajärjestelmän tarkasteluun. Vaatimustenmukaisuusvertailu on toteutettu osaprosessiin sovellettavissa olevin osin, ottaen huomioon koneturvallisuusprosessin kehitystarpeet. Vertailuun haastateltiin koneturvallisuus- ja laatujohtajaa (Levomäki 2018) ja keskustelun aikana havaitut asiat kirjattiin excel-taulukkoon. Tuloksia analysoitiin tarkemmin tulosten tarkastelussa. Sekä vertailussa että analysoinnissa apuna käytettiin laadunhallintajärjestelmästandardin soveltamisoppaaksi laadittua teknistä selvitystä ISO/TS 9002 (2017).

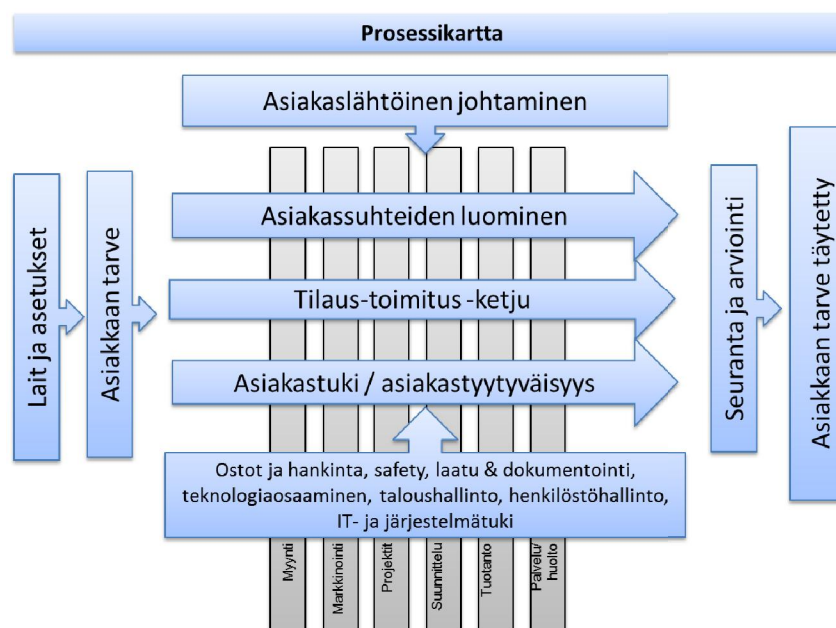
4. LAADUNHALLINTAJÄRJESTELMÄSELVITYKSEN TULOKSET

Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto on strateginen päätös yritystoiminnan kehittämiseksi. Laadunhallintajärjestelmästandardiin (ISO 9001:2015) perustuvan järjestelmän luominen yrityksen toiminnan tueksi auttaa yritystä kestävään kehityksen ja paremman kokonaisvaltaisen suorituskyvyn saavuttamiseksi. Kun pyritään poistamaan tekemisestä turhat toiminnot, kuten tiedon etsintä, päällekkäiset toiminnot, voidaan helpottaa työtehtävien organisointia ja suorittamista. Arvoa tuottamattomien toimintojen karsimisen jälkeen on helpompi havaita prosessista niin sanotut pullonkaulat, joihin tarvitaan lisää resursseja, ja kohdat, joihin voidaan lisätä työpanosta.

Tässä kappaleessa esitellään organisaatioprosessit ja analysoidaan toiminnan ISO 9001 (2015) standardinmukaisuutta. Analyysin perusteella pohditaan, minkälaisia kehitystoimenpiteitä toimintajärjestelmä vaatii vaikuttavan laadunhallintajärjestelmän saavuttamiseksi. Laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto aloitetaan pienemmällä mittakaavalla suunnittelemalla tarkemmat toimenpiteet koneturvallisuusprosessissa havaittuihin kehityskohteisiin ja saattamalla ensin tämä prosessi standardin määritelmien mukaiseksi. Aloittamalla muutos pienestä prosessista saavutetaan tärkeää tietoa laadunhallintajärjestelmän käyttöönoton haasteista ja menetelmien toimivuudesta. Tietoa voidaan jatkossa hyödyntää, kun otetaan käyttöön laadunhallintajärjestelmää koko organisaation tasolla.

4.1 Organisaation prosessikuvaus ja ydinprosessit

Organisaation prosessikuvauksen pohjatietona hyödynnettiin toiminnan karkean tason prosessiselvitystä. Selvityksen on toteuttanut koneturvallisuus- ja laatujohtaja Levomäki (2017) osastajohtajien haastatteluiden pohjalta. Kuvauksesta tunnistettiin organisaation ydin- ja tukiprosessit, joista mallinnettiin organisaatorakenteen toimintaa kuvaava, nykytilan prosessikartta (kuva 21).



Kuva 21. Pemamekin ydin- ja tukiprosessien prosessikartta.

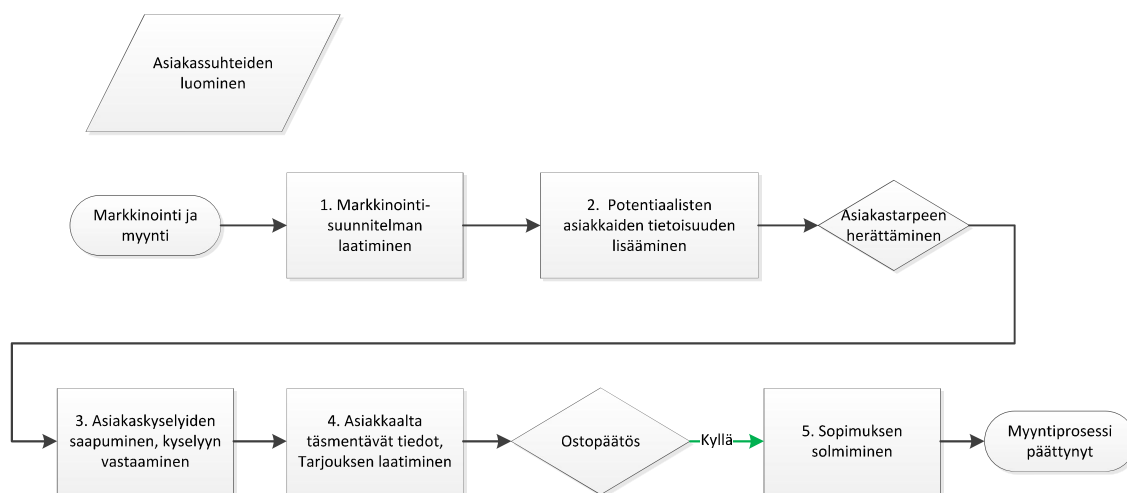
Prosessi alkaa aina asiakkaan tarpeesta. Tarpeiden täyttämässä tulee ottaa huomioon toimintaan liittyvät lakien ja viranomaisasetuksien vaatimukset. Jokaisella yrityksellä on toiminnan kannalta oleellisia prosesseja. Prosessin aikaiset tapahtumat ja toiminnot kulkevat aina asiakkaalta asiakkaalle, tuottaen lisäarvoa. Toimintoihin yritys käyttää resursseja pyrkien täyttämään asiakkaan tarpeet, vaatimukset ja toiveet. Prosessin kuvaaminen on osa organisaatorakenteen mallinamista, jonka tunnistaminen on olennainen osa yrityksen johtamista ja toiminnanohjausta. Prosessit voidaan jaotella koko toiminnan läpi, ”asiakkaalta asiakkaalle” kulkeviin ydinprosesseihin, jotka kytkeytyvät aina ulkoiseen asiakkaaseen, sekä tukiprosesseihin, jotka toimivat ydinprosessien tukena ja palvelevat yrityksessä sisäisiä asiakkaita. (Martinsuo et al. 2010)

Pemamekin ydinprosesseiksi tunnistettiin asiakassuhteiden luominen, tilaus-toimitusketju ja asiakastyytyväisyyden ylläpito. Tukiprosesseiksi määriteltiin osto ja hankinta, koneturvallisuus, teknologiaosaaminen, taloushallinto, henkilöstöhallinto sekä IT- ja järjestelmätuki. Yritystä johdetaan asiakaslähtöisesti koko prosessin läpi, kunnes asiakkaan tarpeet ja vaatimukset ovat täytetty.

Kuvan 21 mukaisesta ydinprosessikartasta prosessin mallintamisen seuraava vaihe on ydinprosessien kolmivaiheinen (*tasot 0–2*) karkea kuvaus (kuva 18). Tässä työssä ydinprosessit on kuvattu vain tasoilla nolla ja yksi, sillä organisaation ISO 9001 (2015) standardin mukaisuusselvitys ei työn tässä vaiheessa vaatinut prosessien määrittelyä tason kaksi tarkkuudella.

4.1.1 Asiakassuhteiden luominen

Ydinprosessi *asiakassuhteiden luominen* karkea kuvaus tasolla nolla määriteltiin kuvassa 18 esitetyn mallin mukaan. Asiakassuhteiden luominen sisältää osatehtävinä myynti- ja markkinointiprosessit sekä tukiprosesseja. Tason nolla karkeaan kuvaukseen tunnistettiin prosessin alku- ja loppukohdat (*syötteet ja tuotokset*). Lisäksi prosessi on rajattu hahmottelemalla rajapinnat, päätehtävät, lisäarvo, osatehtävät ja resurssit. Kuvassa 22 asiakassuhteiden luominen on esitetty vaiheittain karkean kuvauksen tasolla yksi. Esi-tyksen ylemmällä rivillä on kuvattu markkinointiprosessin- ja alemmalla myyntiprosessin vaiheet.



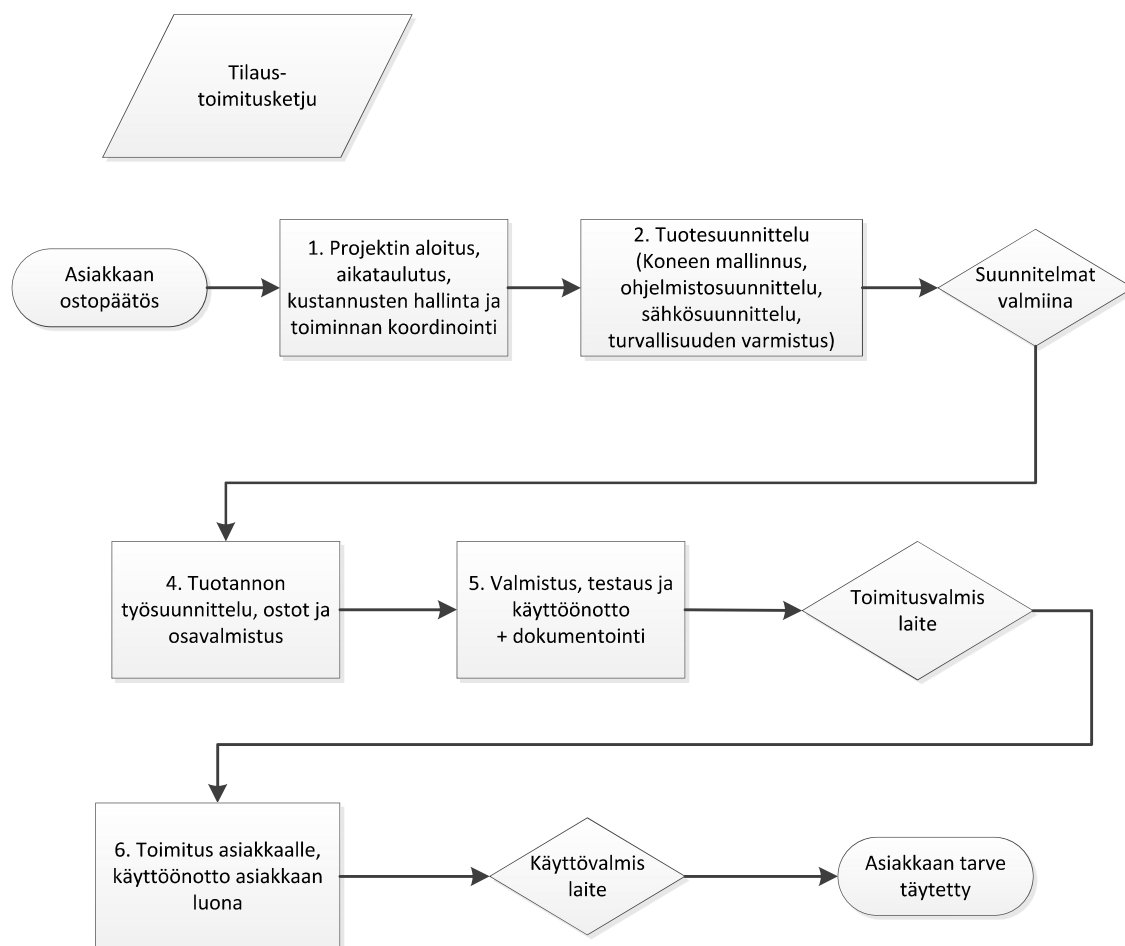
Kuva 22. Asiakassuhteiden luominen karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1)

Asiakassuhteiden luomisprosessiin liittyy viisi vaihetta kolmessa osaprosessissa. Ensimmäisessä vaiheessa markkinoinnin tehtäviin kuuluu markkinointisuunnitelman laatiminen ja seuraavaan potentiaalisten asiakkaiden tietoisuuden lisääminen toteuttamalla ja ylläpitämällä markkinointisuunnitelmaa. Kun asiakas tai potentiaalinen asiakas on tunnistanut tarpeen, vastuu siirtyy seuraavaan osaprosessiin myyntiosastolle. Myynnin työtehtäviä ovat prosessin kolmannessa vaiheessa asiakaskyselyihin vastaaminen. Neljännessä vaiheessa pyritään täsmentämään asiakkaan tarve ja tarjoamaan asiakkaan tarpeeseen soveltuvaa laitetta tai laitekokonaisuutta. Kaupatulle koneelle laaditaan tarjous, jonka perusteella asiakas tekee ostopäätöksen. Mikäli asiakas hyväksyy tarjouksen, prosessi siirtyy kolmanteen osaprosessiin, jossa myynti solmii asiakkaan kanssa sopimuksen. Myyntiprosessi päättyy ja projektin vastuu siirtyy projektiosastolle toiminnan koordinointiin ja suunnitteluosastoille esisuunnitteluun.

4.1.2 Tilaus-toimitusketju

Tilaus-toimitusketjun karkea kuvaus tasolla nolla on määritelty kuvassa 18 esitetyn mallin mukaan. Tilaus-toimitusketjun osatehtäviä ovat projektit, suunnitteluosastot ja tuotanto. Tilaus-toimitusprosessin tukiprosesseja tunnistettiin kuvauksesta hyvin. Tilaus-

toimitusketju on Pemamekin ydinprosesseista laajin. Suoraan kyseisen prosessin tehtävissä työskentelee suurin osa koko organisaation henkilöstöstä. Valtaosa yrityksen tunnistetuista tukiprosesseista ja niiden toiminnasta keskittyy pääasiassa tukemaan tilaus-toimitusketjun toimintaa. Prosessin alussa rajapintana on asiakassuhteiden luominen. Prosessin lopussa rajapinta on asiakastuki, joka sisältää toimituksen jälkeisen toiminnan. Tilaus-toimitusketju on kuvattu kuvassa 23 prosessivaiheittain karkealla tasolla 1.



Kuva 23. Tilaus-toimitusketjun karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1).

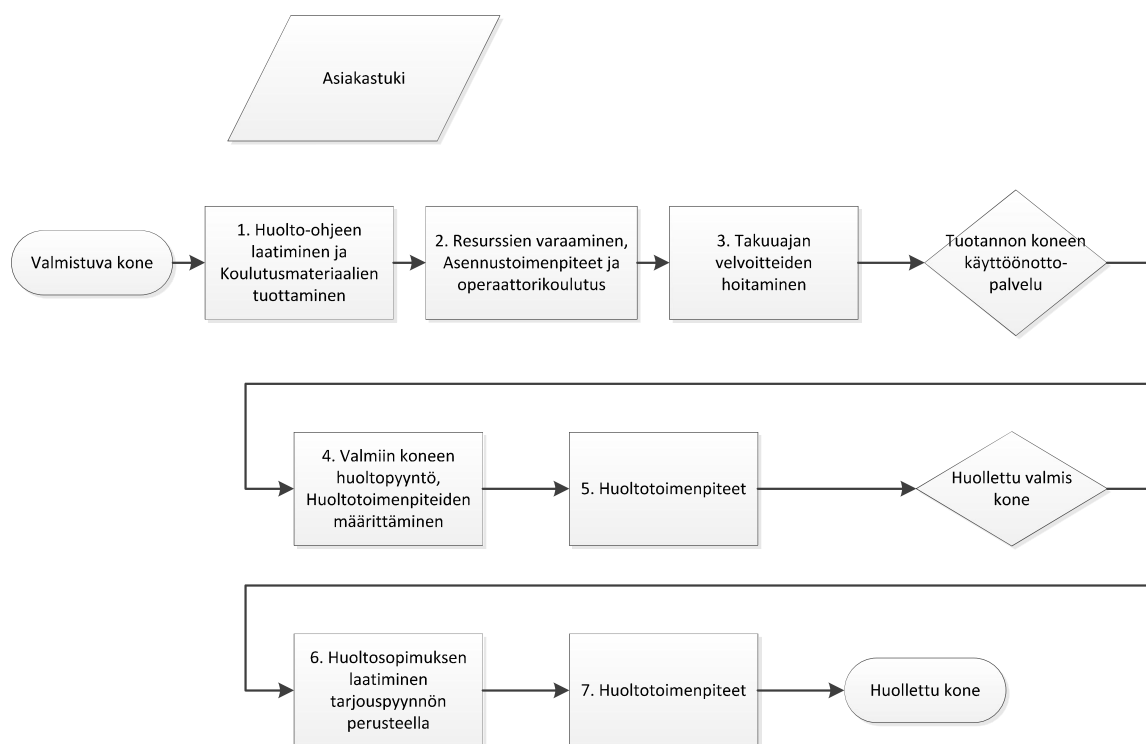
Tilaus-toimitusketju koostuu kolmesta osaprosessista, jotka sisältävät yhteensä kuusi vaihetta. Ensimmäinen osaprosessi on suunnitteluprosessi, jonka ensimmäinen vaihe on projektisuunnittelu ja toinen vaihe tuotesuunnittelu. Tuotesuunnitteluvaiheeseen liittyy koneen mallinnus, suunnittelu- turvallisuustyö ja muut tuotannonsuunnitteluun tarvittavien dokumenttien valmistelu. Seuraavaksi projekti siirtyy tuotannolle toiseen osaprosessiin. Tilaus-toimitusketjun neljäs vaihe, eli toisen osaprosessin ensimmäinen vaihe sisältää tuotannonsuunnittelun ja komponenttien osavalmistuksen. Viidennessä vaiheessa laite tai laitekokonaisuus kootaan ja käyttöönotetaan suunnitelmien mukaisesti sekä suoritetaan asiaan kuuluvat testaukset. Kun laite on toimitusvalmis, alkaa projektin kolmas osaprosessi, joka on laitteen toimitus asiakkaalle. Kun koneet on purettu, pakattu, lastattu ja toimitettu, ne asennetaan asiakkaan luona, käyttöönotetaan ja testataan asi-

aan kuuluvalla tavalla. Tässä vaiheessa asiakkaan tarve parantaa tuotantokapasiteettia hankkimalla hitsausautomaatiolaite on täytetty ja tilaus-toimitusketju prosessina päättyy.

4.1.3 Asiakastuki

Tilaus-toimitusketjuprosessin päätyttyä laitteen valmistumiseen, projektin vastuu siirtyy asiakastuelle. Asiakastuki-prosessin rajaaminen tasolla nolla on määritelty kuvassa 18 esitetyn mallin mukaan. Asiakastukiprosessin osaprosesseja ovat erilaiset asennus- ja huoltopalvelut. Prosessille tunnistettiin myös tukiprosesseja.

Asiakastuki vastaa laitteen valmistumisen jälkeisestä ja takuuajan toiminnasta. Tarkoituksena on varmistaa koneiden toiminta sekä säilyttää ja lisätä asiakkaan tyytyväisyyttä. Asiakastukiprosessi on esitetty kuvassa 24 vaiheittain karkean kuvauksen tasolla yksi. Kuvan esityksessä ylimmällä rivillä on valmiin koneen huoltopalvelut, keskimmaisella rivillä huoltosopimukset ja kolmannella rivillä tuotantokoneen käyttöönottopalvelut.



Kuva 24. Asiakastukiprosessin karkea kuvaus prosessivaiheittain (taso 1)

Asiakastukiprosessi jakautuu kolmeen osaprosessiin ja yhteensä seitsemään vaiheeseen. Ensimmäinen osaprosessi on valmistuvaan projektilaitteeseen liittyvät asiakaspalvelut. Osaprosessin toisessa vaiheessa varataan asennusresurssit, suoritetaan asennus varatuilla resursseilla ja koulutetaan vastaava operaattori. Kolmannessa vaiheessa vastataan takuuajan huolto- ja korjaustoiminnasta, mikäli asennetussa laitteessa ilmenee ongelmia takuuajana.

Toinen osaprosessi kattaa takuuajan jälkeen vioittuneiden laitteiden huolto- ja korjauspalvelut. Toisen osaprosessin ensimmäinen vaihe on selvittää tarvittavat huoltotoimenpiteet huoltopyynnön perusteella. Seuraavassa vaiheessa toteutetaan määritellyt huolto- ja korjaustoimenpiteet huoltoarvion perusteella. Kolmannen osaprosessin tehtävänä on laatia huoltosopimuksia valmistetuille laitteille. Kolmannen osaprosessin viimeinen vaihe on toimia sopimuksen mukaan. Kun asiakaspalvelutehtävät on hoidettu asianmukaisesti, asiakastukiprosessi päättyy.

4.2 Toiminnan ISO 9001 standardinmukaisuus

Standardi ISO 9001 (2015) esittää yleisiä laadunhallintajärjestelmää koskevia vaatimuksia, joita voivat hyödyntää kaiken tyyppiset ja kokoiset organisaatiot. Laadunhallintajärjestelmän periaatteisiin kuuluu olennaisesti asiakaskeskeisyys, johtajuus, ihmisten täysipainoinen osallistuminen sekä prosessimainen toimintamalli. Muita laadunhallintajärjestelmän periaatteita ovat jatkuva parantaminen, näyttöön perustuva päätöksenteko ja suhteiden hallinta. Vuonna 2015 vahvistettuun standardiin on nostettu riskiperusteinen ajattelu olennaiseksi tekijäksi vaikuttavan laadunhallintajärjestelmän luomisessa.

Toimintajärjestelmän nykytilan ISO 9001 (2015) standardinmukaisuustarkastelun tulokset on kirjattu standardin otsikoiden mukaisesti. Laadunhallintajärjestelmän säädökset alkavat standardissa kappaleesta 4. organisaation toimintaympäristö, sillä kappaleet 1. soveltamisala, 2. velvoittavat viittaukset ja 3. termit ja määritelmät eivät sisällä viittauksia laadunhallinnallisiin vaatimuksiin. Kursivoidut otsikot viittaavat kyseisen kappaleen alaotsikoihin. Kun tässä alakohdassa viitataan standardin määritelmiin, on kyseessä ISO 9001 (2015) standardi. Mikäli viitataan toiseen standardiin, siitä mainitaan erikseen.

4.2.1 Organisaation toimintaympäristö

Organisaation ja sen toimintaympäristön ymmärtäminen

Kappaleen ”organisaation ja sen toimintaympäristön ymmärtäminen” tarkoituksena on ymmärtää organisaation strategian kannalta olennaiset sisäiset ja ulkoiset asiat, jotka vaikuttavat yrityksen kykyyn saavuttaa halutut tulokset. Organisaatioon vaikuttavat sisäiset ja ulkoiset tekijät muuttuvat jatkuvasti muuttuvan ympäristön myötä. Yrityksen tulisi olla muutoksista tietoinen ja ottaa ne huomioon strategisina tekijöinä. Toimintaympäristöön vaikuttavia sisäisiä tekijöitä voidaan seurata esimerkiksi sisäisten dokumentoitujen tietojen tai tapaamisten avulla. Ulkoisia tekijöitä voidaan tarkastella erilaisista informaatiolähteistä, kuten lehdistä, nettisivuilta, julkisen sektorin julkaisuista, olennaisten yhteistyökumppaneiden tapaamisissa ja asiakastapaamisista. Jotta vaikuttavat tekijät voidaan ottaa toiminnassa huomioon, asioita tulisi käsitellä säännöllisesti ylimmän johdon katselmuksissa. (ISO/TS 9002:2017)

Organisaation ja sen toimintaympäristön ymmärtäminen täyttyy osittain standardin mukaisesti. Pemamekilla on määritelty ja kirjattu yrityksen pitkän ajan strategiaan sellaiset ulkoiset ja sisäiset asiat, jotka ovat olennaisia organisaation tarkoituksen ja strategian kannalta. Toimintaan vaikuttavat olennaiset ulkoiset tekijät ovat selkeästi tunnistettu ja dokumentoitu, ja niitä katselmoidaan säännöllisin väliajoin. Sisäiset toimintaan vaikuttavat asiat ovat myös hyvin tunnistettuja, mutta niiden dokumentointi ja katselmointi eivät tällä hetkellä toteudu standardin mukaisesti. Sisäisen toimintaympäristön parempi ymmärtäminen vaatii toimenpiteitä standardinmukaisuuden saavuttamiseksi. Tuotanto on suurimmaksi osaksi projektimaista, joka asettaa haasteita prosessiorganisaatiomalliin siirtyessä. Laadunhallintajärjestelmän toimivuuden kannalta toiminta pitäisi pyrkiä tuoteistamaan ja standardisoimaan soveltuvin osin.

Sidosryhmien tarpeiden ja odotusten ymmärtäminen

Kappaleen ”sidosryhmien tarpeiden ja odotusten ymmärtäminen” tarkoituksena on varmistaa, että yrityksessä otetaan huomioon kaikkien olennaisten sidosryhmien, eikä vain loppuasiakkaan olennaiset vaatimukset. Tarkoituksena on keskittyä vain niihin olennaisiin sidosryhmiin, joilla on suora vaikutus organisaation kykyyn tuottaa tuotteita ja palveluita vaatimusten mukaisesti. (ISO/TS 9002:2017)

Olennaiset sidosryhmät ovat yrityksessä tunnistettu ja suurimman osan tarpeet ja odotukset ymmärretty. Levomäen (2017) karkean tason organisaation prosessiselvityksen tuloksista poimittiin ulkoiset ja sisäiset sidosryhmät. Sidosryhmät ovat listattu taulukkoon 2, jossa jaottelu on tehty osastoittain. Taulukkoon on merkitty sinisellä ydinprosesseihin liittyvät osastot sekä vaaleanpunaisella prosessiselvityksessä mukana olleet tukiprosessit.

Taulukko 2. Organisaation olennaiset sidosryhmät.

Myynti	Projektit	Suunnittelut	Tuotanto
- Toimittajat	- Asiakkaan tiloissa käytettävät alihankintaresurssit - Projektikohtaiset toimittajat - Loppuasiakas	- Alihankintasuurittajat - Järjestelmä toimittajat - Komponenttien toimittajat	- Alihankintaresurssit
Palvelut/huolto	Taloushallinti	Teknologiaosaaminen	Osto/Hankinta
- Asiakkaan tiloissa käytettävät Alihankintaresurssit - Loppuasiakas	- Vakuutusyhtiöt - Projektivakuuttajat - Pankit	- Valitut toimittajat - Valitut avainasiakkaat - Patentti- ja luokituslaitokset	- Toimittajat - Alihankinta - Palvelutoimittajat

Tärkeiden sidosryhmien tarpeista tiedetään ja ymmärretään standardin mukaisesti virastojen vaatimukset solmittujen sopimusten perusteella. Loppuasiakkaan tarpeet ja vaatimukset kartoitetaan myyntiprosessin aikana. Alihankinnassa ja palveluiden toimittamisessa ulkopuoleisen urakoitsijan kanssa solmitaan sopimus, jonka yhteydessä selvitetään toiminnan ja yhteistyön vastuut ja valtuudet.

Laadunhallintajärjestelmän soveltamisalan määrittäminen

Kappaleen tarkoituksena on määritellä laadunhallintajärjestelmälle raja-
aus siten, että se auttaa organisaatiota saavuttamaan vaatimukset ja halutut tulokset (ISO/TS 9002:2017). Pemamekin merkittävin visio on olla maailman paras raskaan teollisuuden tarpeisiin suunnattujen hitsaus- ja leikkauslaitteiden valmistajista. Asiakaslähtöisen yrityskulttuurin kehittäminen, tehokas organisaatio- ja johtorakenne, asiakkaiden tarpeisiin vastaaminen ja pitkäaikaiset asiakassuhteet vaativat massiivisten projektilaitteiden valmistamiseen systemaattista toimintamallia. (Pemamek 2016b) Soveltamisala on määritelty ottaen standardin mukaisesti huomioon olennaiset toimintaan liittyvät sisäiset ja ulkoiset asiat, olennaiset sidosryhmien vaatimukset sekä organisaation tuotteet ja palvelut.

Laadunhallintajärjestelmä ja sen prosessit

Kappaleen ”laadunhallintajärjestelmä ja sen prosessit” tarkoituksena on varmistaa, että organisaatio määrittelee ne prosessit, joita tarvitaan laadunhallintastandardin mukaiseen laadunhallintajärjestelmään. Tämä sisältää tuotannon ja palveluiden tuottamiseen vaadittavat prosessit sekä ne prosessit, joita tarvitaan laadunhallintajärjestelmän tehokkaaseen käyttöönottoon, kuten sisäiset auditoinnit, johtoryhmän katselmukset ja muut prosessit, mukaan lukien ulkoisten tuottajien tuottamat prosessit. (ISO/TS 9002:2017)

Organisaatioprosessien nykytila-analyysistä voidaan tunnistaa prosessien lähtötiedot ja tuotokset, prosessien keskinäinen järjestys, tarvittavat resurssit ja niiden saatavuus sekä vastuut ja valtuudet. Jotta *laadunhallintajärjestelmä ja sen prosessit* täyttäisivät standardin vaatimukset, tulee määritellä prosessien vaikuttavaan toimintaan tarvittavat kriteerit ja menetelmät kaikille organisaatioprosesseille sekä arvioida niille tarvittavat muutokset. Toimivan laadunhallintajärjestelmän ja standardinmukaistamisen kannalta tulisi toteuttaa yrityksen nykytilan ja tahtotilan tarkempi määrittely, jotta voidaan suunnitella organisaation toiminta prosessikohtaisesti laadunhallintajärjestelmään vaadittavalla tavalla. Toimenpiteenä standardinmukaistamiseen tulisi määritellä prosessikohtainen työnkulun kuvaus, josta on nähtävillä prosessien keskeinen järjestys ja vuorovaikutus, olennaiset lähtötiedot, odotettavat tuotokset sekä vastuut ja valtuudet. Lisäksi tulisi määritellä prosessien vaikuttavaan toimintaan ja ohjaukseen tarvittavat resurssit, kriteerit ja menetelmät.

Prosessien toimintaa tukevien dokumenttien ylläpito ja säilytys toteutuu Pemamekilla standardin mukaisesti. Toimintaa tukevat dokumentit on otettu käyttöön, ylläpidetty ja säilytetty lakien ja viranomaisten vaatimuksien mukaan. Esimerkkinä ylläpidetyistä dokumentoiduista tiedoista ovat tekninen määrittely, mekaniikkakuvat, sähkökuvat, hydraulikkapiirustukset, riskianalyysi, turvallisuussuunnitelma, standardit, koulutuslistat yms. Toimintaa tukevia säilytettäviä dokumentteja ovat esimerkiksi ostosopimukset, myyntisopimukset, vakuutusopimukset ja määräaikaistarkastuksien pöytäkirjat.

4.2.2 Johtajuus

Johtajuus ja sitoutuminen

Kappaleen ”johtajuus ja sitoutuminen” tarkoituksena on varmistaa, että ylin johto osoittaa johtajuutta ja sitoutumista ottamalla aktiivisen roolin ylläpitämällä, edistämällä, sekä viestimällä ja seuraamalla laadunhallintajärjestelmän suorituskykyä ja vaikuttavuutta (ISO/TS 9002:2017). Ylin johto on osoittanut johtajuutta ja sitoutumista laadunhallintajärjestelmän laadintaan ja käyttöönottoon pyrkimällä edistämään parantamista. Järjestelmän käyttöönotto on iso askel yrityksen toimintajärjestelmän siirtämisessä kohti jatkuvaa parantamista ja kehitystä. Tarkemmat menetelmät vaikuttavaan ja systemaattiseen toimintaan osana laadunhallintaa on kehitettävä viimeistään laadunhallintajärjestelmän käyttöönoton yhteydessä. Laitteiden toiminta ja vaatimustenmukaisuus varmistetaan FAT- ja SAT-protokollan avulla. Laadunhallintajärjestelmälle ei ole kuitenkaan vielä määritelty tavoitteita, joten järjestelmän haluttuja tuloksia ei voida varsinaisesti varmistaa.

Asiakaskeskeisyys

Kappaleen ”asiakaskeskeisyys” tarkoituksena on varmistaa, että ylin johto osoittaa selkeästi johtajuutta ja sitoutumista sekä ylläpitää organisaation fokusointia asiakkaiden vaatimusten täyttymiseen ja asiakastyytyväisyyden saavuttamiseen (ISO/TS 9002:2017). Pemamek on asiakaslähtöinen yritys, jolla asiakastyytyväisyys on osa strategista toimintatapaa. Asiakasvaatimukset määritellään tarkkaan kaupanteon aikana. Lisäksi laki- ja viranomaisvaatimukset ovat ymmärretty ja niitä noudatetaan toiminnassa standardin mukaisesti. Riskiperusteiseen ajatteluun on olemassa hyvä lähtötaso. Standardinmukaisen toiminnan saavuttamiseksi riskien raportoimisesta tulee sopia.

Laatupolitiikka

Laatupolitiikka tulee laatia yrityksessä siten, että se on soveltuva organisaation strategiaan, asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin. Lisäksi se antaa puitteet laatutavoitteiden laatuimiselle ja niiden täyttymiselle. Dokumentoidusta ja koko organisaatiolle selkeästi viestitystä laatupolitiikasta käy ilmi yrityksen perusarvot ja toiminta-alue. Hyvin määriteltynä se on ytimekkäästi tiivistetty ja mahtuu yhdelle sivulle. Tärkeää on, että siitä käy ilmi laadun merkitys yritykselle suhteessa asiakkaisiin sekä henkilöstön ja johdon toimintaan. (Leckelin 2010; ISO 9001:2015)

Organisaation roolit, vastuut ja valtuudet

Kappaleen ”organisaation roolit, vastuut ja valtuudet” tarkoituksena on, että ylin johto määrittelee olennaiset roolit ja niiden suhteen laadunhallintajärjestelmään, jotta voidaan varmistaa sen vaikuttavuus ja saavuttaa suunnitellut tulokset. Ylimmän johdon tulee määritellä vastuut ja valtuudet olennaisille toiminnoille ja rooleille sekä varmistaa, että

henkilöt ovat tietoisia heidän toimeksiannoistaan tehokkaan viestinnän kautta. (ISO/TS 9002:2017) Nykyinen organisaatioprosessi tulee muokkautumaan laadunhallintajärjestelmän käyttöönoton yhteydessä ja prosessimuutosten edetessä, joten myös vastuut ja valtuudet laadunhallinnan varmistamiseen ovat toistaiseksi määrittelemättä tai vain osittain määriteltynä. Toiminta, roolit ja vastuut eivät toistaiseksi täytä standardin määritelmää.

4.2.3 Suunnittelu

Riskien ja mahdollisuuksien käsittely

Riskienkäsittelyn tarkoituksena on varmistaa, että suunniteltaessa laadunhallintajärjestelmää organisaatio määrittelee sen riskit ja mahdollisuudet sekä suunnittelee toimenpiteet niiden käsittelyyn. Tarkoituksena on ehkäistä poikkeavaisuuksia, mukaan lukien poikkeavia tuotoksia sekä määritellä mahdollisuuksia, jotka voivat lisätä asiakastyytyväisyyttä tai auttavat saavuttamaan organisaation laatutavoitteet. (ISO/TS 9002:2017) Kohdeyrityksessä riskienhallintajärjestelmän kehitys on parhaillaan työn alla.

Laatutavoitteet ja niiden saavuttamiseen tarvittavien toimien suunnittelu

Kappaleen ”laatutavoitteet ja niiden saavuttamiseen tarvittavien toimien suunnittelu” tarkoituksena on varmistaa, että yrityksessä laaditaan toimintaan sopivat laatutavoitteet ja suunnitellaan toimenpiteet laatutavoitteiden saavuttamiseksi. Laatutavoitteet tulisi vakiinnuttaa olennaisille toiminnoille, tasoille ja prosesseille, jotta voidaan varmistaa organisaation strateginen suunta ja laatupolitiikka ovat yhteensopivia. (ISO/TS 9002:2017) Laatutavoitteiden suunnittelu vaatii vielä toimenpiteitä.

Muutosten suunnittelu

Kappale ”muutosten suunnittelu” käsittelee niitä asioita, mitä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan muutoksia laadunhallintajärjestelmään. Pemamekillä ei vielä ole käytössä laadunhallintajärjestelmää, johon liittyisi olennaisena osana myös muutosten suunnittelu. Tarkoituksena on ottaa tämä alakohta huomioon laadunhallintajärjestelmän käyttöönoton yhteydessä.

4.2.4 Tukitoiminnot

Resurssit

Kappaleen ”resurssit” tarkoituksena on varmistaa että prosesseihin ja organisaation toimintaan ja laadunhallintajärjestelmän toimintaan varataan riittävästi ja asianmukaisesti henkilö-, infrastruktuuri- mittaus- ja seurantaresursseja sekä vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseen tarvittava ja toimintaan soveltuva ympäristö (ISO 9001:2015). Resurssimääritelmän mukaisen laadunhallintajärjestelmän käyttöönottoon on olemassa henki-

löstöä, mutta standardinmukaisuus ei täysin toteudu. Järjestelmän vaikuttavaan käyttöön ottoon vaadittavia henkilöitä ei ole määritelty, sillä järjestelmä ei ole vielä käyttöönottoaiheessa.

Resurssina infrastruktuuri on toteutettu standardin määritelmien mukaisesti. Infrastruktuuri on järjestetty ja ylläpidetty organisaation prosessien toimintaan soveltuvasti. Rakennekset ja välineistö ovat yritystoimintaan asianmukaiset ja niiden ylläpito ja huolto on järjestetty vaatimusten mukaan. Välinehankintoja tehdään tarvittaessa ja tieto- ja viestintätekniikkaa ylläpidetään ohjelmistopäivityksillä sekä koulutuksilla.

Prosessien toimintaympäristön vaatimustenmukaisuus toteutuu osittain standardin mukaisesti. Pemamekilla noudatetaan yhdenvertaisuussuunnitelmaa ja ongelmatilanteet pyritään selvittämään niiden ilmetessä. Fysiologiset tekijät, kuten hygienia, työvalaistus ja melutaso ovat asianmukaisesti hoidettu, mutta standardinmukaisuus vaatii vielä huomion kiinnittämistä esimerkiksi istumatyön riskeihin ja stressiä vähentäviin tekijöihin.

Yrityksessä käytössä olevat mittalaitteet on huollettu ja kalibroitu asianmukaisesti ja tuotannossa käytettävät mittauksien tiedot ovat jäljitettävissä. Standardin käsittelemä organisaation tietämys vaatii kehittämistä. Ensin tulee määritellä vaikuttavaan laadunhallintajärjestelmään vaadittavien prosessien toiminta ja mittaristo, jotta voidaan suunnitella vaatimustenmukaisuuden saavuttamista varten tarvittava tietämys ja mittausmenetelmät. Resurssien standardinmukaistaminen vaatii henkilöresurssien, prosessin toimintaympäristön, mittausresurssien sekä organisaation tietämyksen osilta suunnittelua ja kehittämistä.

Pätevyys

Kappaleen ”pätevyys” tarkoituksena on, että yrityksessä varmistetaan ja ylläpidetään tarvittavaa pätevyystasoa niille toiminnoille, jotka vaikuttavat toiminnan vaikuttavuuteen tai asiakastytyytyväisyyteen. Henkilön pätevyys voi liittyä heidän opintoihinsa, koulutukseensa ja kokemukseensa. Standardissa ei erikseen vaadita pätevyyden osoittamista kirjallisena dokumenttina, vaan se voidaan osoittaa muodollisesti esimerkiksi näyttöjen avulla. (ISO/TS 9002:2017)

Henkilöstön ja alihankkijoiden ammattitaito ja osaaminen on Pemamekilla melko hyvin varmistettu toimintaan riittäväksi. Yrityksessä järjestetään työturvallisuuskorttikoulutus kaikille tuotannon henkilöille ja muille sitä tarvitseville. Lisäksi lisensoituja todistuksia, kuten tulityökortti, hitsauskoulutus, trukki- ja nosturilla työskentely pätevyys on järjestetty kaikille, jotka niitä työssään tarvitsevat.

Dokumentoitu tieto

Standardi ISO 9001 (2015) määrittelee, miten yrityksessä tulisi luoda, päivittää ja hallita vaikuttavaan laadunhallintajärjestelmään tarvittavaa dokumentoitua tietoa. Tiedon luo-

minen ja päivitys toteutuu osittain standardin mukaisesti. Tallennusmuoto sekä soveltuvuuden ja tarkoituksenmukaisuuden tarkastaminen ja hyväksyminen ovat järjestetty standardin mukaisesti. Tallennusmuodon yleinen dokumenttikieli on suomi ja englanti. Ohjeet toimitetaan asiakkaalle englanniksi ja käännettynä kohdemaan omalla kielellä. Käyttöohjeet säilytetään sähköisen version lisäksi paperisena ja varmistetaan ohjeiden tunnistettavuus kirjaamalla niihin tilausnumerot arkistointivaiheessa. Tietojen tarkastaminen ja hyväksyminen tapahtuu yleisesti työnjohtajan toimesta.

4.2.5 Toiminta

Toiminnan suunnittelu ja ohjaus

Ensin on määriteltävä laadunhallintajärjestelmän kannalta välttämättömät organisaatio-prosessit (standardin kappaleen 4.4 mukaan), jotta niitä voidaan suunnitella, toteuttaa ja ohjata. Laadunhallintajärjestelmää suunnitellessa (standardin kappaleen 6 mukaan) määritetyt riskit ja mahdollisuudet sekä laatutavoitteet toimivat tärkeänä lähtötietona toiminnan suunnittelulle ja ohjaukselle. (ISO/TS 9002:2017) Vaikka toimintajärjestelmän prosessit ja laadunhallintajärjestelmän suunnittelu ovat vielä kehitysvaiheessa, on tämänhetkinen toiminta osittain toteutunut standardin määritelmien mukaan. Tuotteita ja palveluita koskevat vaatimukset määritellään kaupanteon aikana ja projektin lopuksi varmistetaan toteutuneeksi FAT-protokollan avulla. Tarvittavat resurssit kohdennetaan projektikohtaisesti, jotta voidaan saavuttaa tuotteille ja palveluille määritellyt vaatimukset. Vaatimuksista on ylläpidetty ja säilytetty tarvittavaa dokumentoitua tietoa.

Tuotteita ja palveluita koskevat vaatimukset

Tuotteita ja palveluita koskevat vaatimukset käsitellään viestimällä asiakkaan kanssa. Organisaation ja asiakkaan välinen viestintä sisältää standardin mukaisesti asiakkaan tiedottamisen tuotteisiin ja palveluihin liittyvistä yksityiskohdista sekä tilauksen mahdollisista muutoksista. Tuotteita ja palveluita koskevat vaatimukset kuvataan ja kirjataan myyntisopimukseen, ottaen huomioon lakien ja viranomaisten sekä organisaatiossa tärkeiksi määritellyt vaatimukset ja asiakkaan tarpeet. Yrityskulttuuriin sisältyy lupaus-ten täyttäminen tarjotuista tuotteista ja palveluista. Kuten standardin määrittelyssä, tarkoituksena on varmistaa, että tarjottujen tuotteiden ja palveluiden väittämät pitävät paikkansa ja toteutuvat asianmukaisesti.

Tuotteiden ja palveluiden suunnittelu ja kehittäminen

Tuotteiden ja palveluiden suunnittelu ja kehittäminen ja standardin määritelmien soveltaminen riippuu soveltamisalasta, joka määritellään aikaisemmin standardin kappaleessa *organisaation toimintaympäristö*. Sarjatuotantoa valmistavan yrityksen on otettava huomioon vaatimukset, jotka koskevat uusien tai muunneltujen tuotteiden kehittämistä. Projektivetoiselle yritykselle on olennaisempaa noudattaa vaatimuksia tilanteissa, joissa

asiakas toivoo muutoksia tuotteeseen. Suunnittelu- ja kehittämisprosessin määrittelyn, toteuttamisen ja ylläpidon ensisijaisena tarkoituksena on varmistaa vaatimustenmukaisuus sekä määritellä tuotteiden ja palveluiden ominaisuudet. Kun organisaatiossa suunnitellaan tuotteiden ja palveluiden suunnittelua ja kehittämistä, tulisi ottaa huomioon standardin kohdissa ”suunnittelu” ja ”toiminnan suunnittelu” määritellyt suunniteltujen toimintojen tasoon vaikuttavat tekijät. Muita huomioitavia asioita ovat tarvittavat resurssit ja vastuiden ja valtuuksien määrittely. (ISO/TS 9002:2017)

Nykytila-arvioinnin mukaan suunnittelun ja kehittämisen lähtötietoihin tarvittavaa tietoa saadaan, kun laitteen ominaisuudet sekä asiakkaan tarpeet ja vaatimukset määritellään ja kirjataan. Lähtötiedot määritellään kaupanteon aikana myynnin tuen avustuksella. Myyty tuote voi olla muunnelma aikaisemmin myydystä tuotteesta tai täysin uusi tuote. Tässä prosessin vaiheessa pyritään ottamaan huomioon tuotteiden monimutkaisuus, suunnitteluun tarvittavat vaiheet ja resurssit standardin määritelmien mukaisesti. Vaikka suunnittelun aikana pyritään ottamaan lähtötiedot ja muut vaatimukset tarkkaan huomioon, aiheutuu tilausmuutoksista lisätöitä ja toimintajärjestelmän vaikuttavuus kärsii.

Muutostenhallinta sujuvaan toimintaan, tilauksen muutostilanteissa vaatii kehitystä toiminnan johdonmukaistamiseksi. Pemamek tuottaa paljon teknisesti haasteellisia ja monimutkaisia hitsausautomaatiolaitteita, eli suunnittelu- ja kehitystehtävissä on oltava ammattitaitoista ja osaavaa henkilökuntaa. Teknologiaprosessin ja koko organisaation prosessikehityksen avulla yrityksellä on mahdollisuudet merkittävään tuottavuuden parantamiseen ja teknologian kehitykseen.

Ulkoistettujen prosessien ja ulkoisesti tuotettujen tuotteiden ja palveluiden ohjaus

Organisaation toiminnan ohjaus koskee myös ulkoisesti tuotettuja prosesseja ja palveluita. Ulkoistettujen toimintojen ohjausta varten yrityksessä tulee määritellä ulkoisten ja sisäisten prosessien vuorovaikutus ja kriteerit ostettujen palveluiden suorituskyvyn seurantaan. On tunnistettava tuotteen tai palvelun tehokkuuden ja toimivuuden kannalta olennaiset materiaalit, komponentit ja palvelut. (ISO/TS 9002:2017) Vaatimustenmukaisen tuotteiden ja palveluiden tuottaminen ostopalveluina vaatii kehittämistä. Laadunhallintajärjestelmää varten on määriteltävä hallintakeinot ja todentamistoimet, joita sovelletaan vaatimustenmukaisuuden ylläpitämiseksi. On myös varmistettava, että alihankkijalle annetaan riittävät ja selkeät tiedot toiminnon suorittamisesta, prosessin vaatimuksista ja määrittelyistä hallintakeinoista.

Tuotanto ja palveluiden tuottaminen

Standardissa määritelty tuotanto ja palveluiden tuottaminen ohjaus hallituissa olosuhteissa toteutuu yrityksessä lähes standardinmukaisesti. Tuotannon ohjaukseen on saatavilla tuotantoon tarvittavat dokumentit, joista selviää tuotteiden tai toimintojen ominaisuudet ja tavoitellut tulokset. Pemamekillä on hitsausautomaatiolaitteiden tuottamiseen sopiva infrastruktuuri ja toimintaympäristö sekä pätevä henkilökunta. Inhimillisiä vir-

heitä ja niistä aiheutuvia negatiivisia vaikutuksia ehkäistään noudattamalla ylityöläinsäädäntöä, järjestämällä soveltuvia koulutuksia ja katselmoimalla säännöllisesti työympäristöä ongelmakohtien poistamiseksi. Tuotannossa käytettäviä mittaus- ja seurantalaitteet kalibroidaan ohjeiden mukaan säännöllisin väliajoin, mutta standardin mukaisuuden saavuttamiseksi tulisi vielä suunnitella tuotannon seurantaan soveltuva mittaristo ja hyödynnettävä sitä. Valmis laite luovutetaan vasta loppuhyväksynnän jälkeen ja toimituksen jälkeen asennus-, koulutus- ja takuupalvelu kuuluvat prosessiin.

Organisaation vastuu ei pääty tuotteen toimittamiseen. Standardissa määritellyt toimituksen jälkeiset toiminnot ovat ohjeistettu tarkkaan ja toteutuvat lakien-, viranomaisten- ja asiakasvaatimusten mukaisesti. Sopimusten mukaiset takuupalvelut ja tekninen tuki hoidetaan mahdollisimman hyvin ja joustavasti asiakastyytyväisyyden ylläpitämiseksi.

Tuotteiden ja palveluiden luovutus

Tuotteiden ja palveluiden luovutus järjestetään aina standardin määritelmien mukaisesti. Tuotteita ei luovuteta asiakkaalle ennen kuin vaatimukset on täytetty. Laitteelle suoritetaan valmistuksen aikana useita tehdastestejä ja lopullinen FAT-testi toimitusta vaille valmiille tuotteelle. Luovutuksesta säilytetään FAT-protokollasta kirjattu dokumentti, josta selviää hyväksymiskriteerit.

Poikkeavien tuotosten ohjaus

Poikkeavien tuotosten ohjauksella varmistetaan, että tuote, joka ei täytä vaatimuksia, havaitaan ajoissa. Näin pyritään estämään poikkeavan tuotoksen toimittaminen ja käyttö. (ISO/TR 9002:2017) Projektituotannossa poikkeavien tuotosten lähettäminen on harvinaista. Niissä tapauksissa, joissa viallinen tuote on virheellisesti lähetty asiakkaalle, tilanne on korjattu jälkikäteen.

4.2.6 Suorituskyvyn arviointi

Seuranta, mittaus, analysointi ja arviointi

Suorituskykyä ja haluttujen tulosten saavuttamista voidaan arvioida tehokkaasti, mikäli toiminnasta, tuotteista ja palveluista on tiedossa seuranta- ja mittausdataa ja käytössä niihin soveltuvat analysointi- ja arviointimenetelmät. Standardi edellyttää, että yrityksessä on määriteltävä mittaus ja seurantamenetelmät, joilla voidaan analysoida ja arvioida laadunhallintajärjestelmän suorituskykyä (mitattavissa olevat tulokset) ja vaikuttavuutta (suunniteltujen toimenpiteiden toteutus ja tulosten saavuttaminen). (ISO/TS 9002:2017) Suorituskyvyn arviointi vaatii toimenpiteitä standardin määritelmien toteutumiseksi.

Sisäinen auditointi

Sisäisen auditoinnin tarkoituksena on saada puolueetonta tietoa organisaation laadunhallintajärjestelmän tilasta. Oleellista ei ole käsitellä kaikkia standardissa esitettyjä vaatimuksia kerralla, vaan auditointi voidaan suorittaa osissa, projekti tai prosessi kerrallaan ennaltamääritellyn ajankohdan sisään. Auditoinnit tulee suunnitella ottaen huomioon riskiperusteinen ajattelu ja organisaatioprosessien luonne. Monimutkainen ja kehitettävä prosessi vaatii todennäköisesti useammin tarkastelua, kuin yksinkertaisempi ja pitkälle kehitetty prosessi. Suunnitellessa olisi otettava huomioon myös prosessin tärkeys, edellisessä auditoinnissa havaitut ongelmat, asiakasvalitukset ja lainsäädäntö. Auditoinnin suorittamiseen liittyy haastattelut, havainnointi, ja mahdolliset näytteenotot. Organisaation sisällä on suunniteltava juuri omiin prosesseihin ja projekteihin soveltuva auditointiohjelma, suorittaa auditointi määritellyllä tavalla ja säilyttää tuloksista dokumentoitua tietoa. Auditontiraportit ovat johdon katselmoinnin lähtötietoja ja niiden tulosten perusteella johtoryhmä voi päättää, ryhdytäänkö havaittujen ongelmien perusteella korjaaviin toimenpiteisiin. (ISO/TS 9002:2017) Pemamekilla laadunhallintajärjestelmän tarkasteluun suunniteltua auditointiohjelmaa on vielä kehitettävä.

Johdon katselmus

Johdon katselmukseen vaadittavat lähtötiedot ovat suoraan standardin ISO 9001 (2015) aikaisemmissa kohdissa käsiteltyjä asioita. Organisaation strategian mukaisesti järjestetyn katselmuksen tarkoitus on arvioida, onko laadunhallintajärjestelmä tarkoituksenmukainen, saavutetaanko halutut tulokset ja täyttääkö se tehtävänsä. Katselmuksia suunniteltaessa on päätettävä, millä aikataululla ja kuinka monella organisaation tasolla asiat käsitellään. Useiden samanaiheisten kokousten välttämiseksi, katselmuksia voidaan sijoittaa muiden liiketoimintojen, kuten operatiivisten kokousten yhteyteen. Katselmuksen tuloksista näyttönä kirjattuja dokumentteja on ylläpidettävä ja hyödynnettävä seuraavassa johdon katselmuksessa esitetynä. Tuloksia tulisi katselmoida, kun mietitään parantamismahdollisuuksiin liittyviä päätöksiä, toimenpiteitä ja tarvittavia muutoksia. (ISO/TS 9002:2017) Johtoryhmän haastattelussa (Heikonen et al. 2017) pohdittiin katselmuksiin vaadittavia toimenpiteitä.

4.2.7 Parantaminen

Toiminnan *parantamisen* tarkoituksena on varmistaa, että yrityksessä määritellään parantamismahdollisuudet, jotta voidaan suunnitella ja toteuttaa haluttujen tulosten saavuttamiseen vaadittavat toimenpiteet. Parannustoimenpiteet voivat olla toistuvien poikkeamien välttämistä, jatkuva pienien parannustoimien toteuttaminen tai muutosprojekti, joka johtavaa merkittäviin prosessimuutoksiin. (ISO/TS 9002:2017) *Parantaminen* vaatii yrityksessä vielä toimenpiteitä.

Poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet

Poikkeamienhallinnalla yrityksen tulisi voida poistaa ongelmat, jotka vaikuttavat haitallisesti tuloksiin, asiakkaiden tyytyväisyyteen, prosesseihin tai laadunhallintajärjestelmään. Havaittuihin ongelmiin tulee reagoida tarkoituksenmukaisesti poikkeaman aiheuttamiin vaikutuksiin nähden. Toisinaan on hyväksyttävä, että ongelman syytä ei voida poistaa, vaan on suoritettava toimenpiteet vaikutusten minimoimiseksi. Pitää myös varmistaa, että ongelmat eivät toistu tai esiinny muualla. Lisäksi on katselmoitava ja arvioitava suoritettujen toimenpiteiden vaikuttavuutta. Suoritetuista korjauksista on kirjattava ja säilytettävä dokumentoitua tietoa näyttönä seuraavaa vaatimustenmukaisuuden katselmointia varten. (ISO/TS 9002:2017)

Jatkuva parantaminen

Laadunhallintajärjestelmän soveltuvuus, tarkoituksenmukaisuus ja vaikuttavuus organisaation toimintaan on varmistettava jatkuvan parantamisen keinoin. Kuten sisäinen auditointi ja johdon katselmukset on suoritettava määrätyin väliajoin, on näistä saatavista tuloksista määriteltävä toistuvasti, tarvitaanko laadunhallintaan parantamistoimenpiteitä. (ISO/TS 9002:2017) Organisaation jatkuva parantaminen voidaan osoittaa vasta, kun laadunhallintajärjestelmä on otettu käyttöön. Standardinmukaisuuden saavuttamiseksi voidaan yrityksessä harkita erilaisia jatkuvaan parantamiseen kehitettyjä työkaluja ja menetelmiä, kuten Six Sigma, lean tai itsearviointimalli.

5. KONETURVALLISUUSPROSESSIN VAATIMUSTENMUKAISUUSTARKASTELUN TULOKSET

Vaatimustenmukaisuusvertailun lähtötiedoksi mallinnettiin koneturvallisuusprosessi kappaleessa 3.3.1 esitetyllä tavalla. Tarkasteltava koneturvallisuuden riskienhallinnan standardi ISO 12100 (2010) tarjoaa työkaluja ja keinoja konedirektiivin (2006/42/EY) vaatimusten täyttämiseen. Lisäksi laadunhallintajärjestelmän tarkastelua vietiin eteenpäin tutkimalla, miltä osin koneturvallisuus prosessina, täyttää ISO 9001 (2015) standardin määritelmät.

Tutkimuksen tuloksena saatiin tietoa, mitä toimenpiteitä yksittäisen prosessin sisällä voidaan tehdä toiminnan vaikuttavuuden ja vaatimustenmukaisuuden lisäämiseksi. Monipuolinen tutkimus muodostuu kolmella eri tasolla tutkituista tekijöistä. Työssä tutkittiin koneturvallisuusprosessia lakien- ja viranomaisvaatimusten mukaan, standardien säädösten perusteella ja prosesseissa työskentelevien henkilöiden kokemuksen ja näemyksen kautta.

5.1 Koneturvallisuusprosessi ja sen sidosryhmät

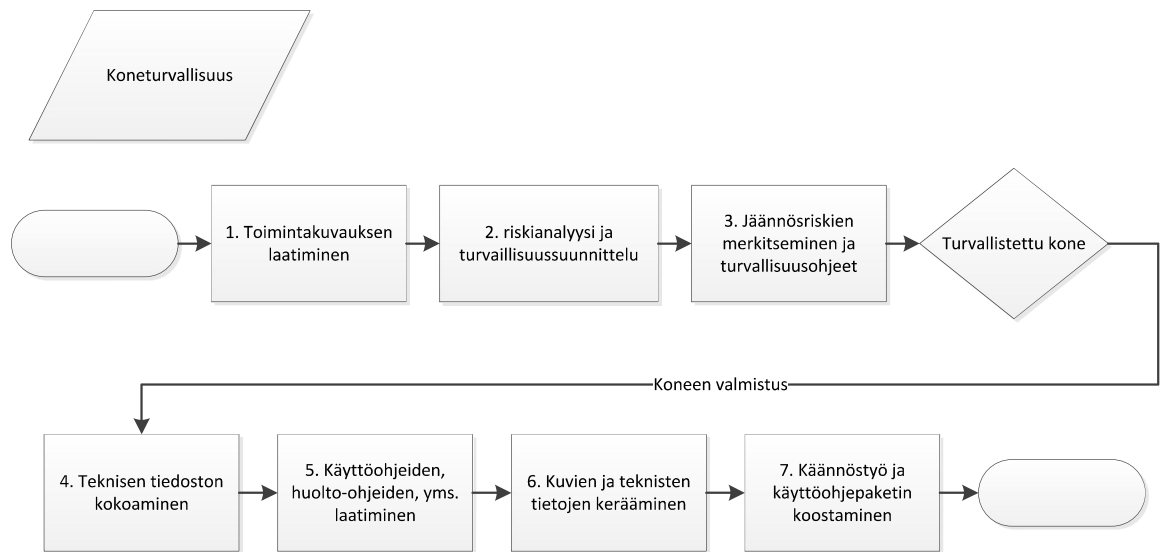
Koneturvallisuusprosessin päätehtävä on varmistaa, että markkinoille saatettava laite ei aseta sen käyttäjien ja lähellä olevia henkilöiden terveyttä ja turvallisuutta vaaraan. Vaaroja on tarkasteltava ottaen huomioon koko koneen elinkaari ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Loukkaantuminen ja terveysriskit eivät saa olla sietämättömiä missään laitteen käytön vaiheissa.

Pemamekilla koneturvallisuusasiantuntijat ja käyttöohjeita valmistelevat tekniset dokumentoijat varmistavat, että konedirektiivin (2006/42/EY) turvallisuus- ja terveysvaatimukset täyttyvät asianmukaisesti. Konedirektiivin säädökset katsotaan toteutuneeksi yhdenmukaistettujen koneturvallisuusstandardien avulla. Prosessikuvaus havainnollistaa koneturvallisuusprosessin lisäksi toimintaan olennaisesti liittyvät prosessin sisäiset asiakkaat ja kumppanit.

5.1.1 Koneturvallisuusprosessin karkea kuvaus

Pemamekin organisaatioprosessin määrittelyssä koneturvallisuus on tunnistettu tilaus-toimitusketju-ydinprosessin osaksi yhtenä tukiprosessina. Koneturvallisuusprosessin ta-

son 1 vaihekohtainen kuvaus on esitetty kuvassa 25. Tason 1 kuvaus esittää vain kone-turvallisuuden prosessivaiheet, eikä siinä ole nähtävillä sidosryhmien vaikutusta.



Kuva 25. Koneturvallisuusprosessin vaihekuvaus (taso 1)

Koneturvallisuusprosessin karkeassa kuvauksessa prosessi (kuva 25) on esitetty seitsemässä vaiheessa, kahdessa eri osaprosessissa. Ylemmällä rivillä esitetty osaprosessi sisältää koneturvallisuuden varmistamisen, ja alemmalla rivillä esitetty osaprosessi käsittelee koneeseen tarvittavien tiedostojen, kuten käyttöohjeen koostamisen. Koneturvallisuus leikkaa käytännössä kahta osastoa, koneturvallisuusosastoa ja dokumentointiosastoa projektilaitteen valmistuksen eri vaiheissa. Koneturvallisuusprosessin tavoitteena on varmistaa, että markkinoille saatettu laite täyttää sille asetetut työturvallisuus ja -terveysvaatimukset. Turvallisuusprosessin tehtävänä on olla mukana tuotteen suunnittelu ja valmistusvaiheessa varmistamassa, että laitteet ja koneiden osat eivät aiheuta käyttäjien tai lähistöllä olevien henkilöiden terveydelle ja turvallisuudelle vaaraa missään toiminnan vaiheessa.

5.1.2 Koneturvallisuusprosessin yksityiskohtainen kuvaus

Yksityiskohtainen nykytilakuvaus voi olla hyvinkin sekava ja epämääräinen. Ideana on, että prosessista löydetään kehityskohteet. Koska nykytilakartoituksessa prosessissa on havaittu toimintoja, jotka vaativat kehittämistä, on jatkossa syytä laatia prosessille myös tarkempi tahtotila. Tahtotila kuvataan tavoiteprosessin avulla, joka määrittellään siten, kuinka prosessi kuuluisi toteuttaa, jotta päämäärät saavutetaan. (Martinsuo et al. 2010)

Koneturvallisuusprosessin yksityiskohtaisesta kuvauksesta on esitetty liitteessä A havainnollistava esimerkkikaavio todellisesta uimarata-vuokaaviomallista. Malli esittää yhdelle projektilaitteelle vaadittavia työvaiheita. Prosessia mallinnettaessa on pyritty pitämään kuvaus ajallisesti projektin etenemisen kanssa yhtäläisenä. Koneturvallisuusprosessin eteneminen on kuvattu paksummalla sinisellä viivalla, iteroitavat tai toistuvaa pa-

lautekanavaa vaativat vaiheet on kuvattu paksummalla vihreällä viivalla ja muut toistensa kanssa vuorovaikutuksessa olevat tehtävät, syötteet ja tuotokset on kuvattu ohuemmalla mustalla viivalla. Koneturvallisuusprosessin tuotokset on merkitty sinisellä pohjalla ja vaiheiden ”uimaradat” on korostettu paksummalla ääriviivalla ja sinisellä otsikon pohjavärillä.

Asiantuntija-apua tarjotaan koko projektin ajan sekä sisäisille että ulkoisille asiakkaille turvallisuustekijöiden vaatimustenmukaisuuden selvittämiseen ja varmistamiseen. Ensimmäiseksi varsinaiseksi osaprosessiksi tunnistettiin toimintakuvauksen laatiminen. Toimintakuvaus toimii riskianalyysivalmistelun esitietona. Turvallisuuden varmistamisen tehtäviä ovat riskianalyysin ja turvallisuussuunnitelman valmistelu. Riskianalyysin perusteella tunnistettuihin vaaroihin määritellään kohteeseen tarvittavat ja soveltuvat turvallistamistoimet riskin pienentämiseksi. Riskianalyysin pohjalta tehdään turvallisuussuunnitelma, johon kuvataan turva- ja käyttöalueet, turvalaitteet, muut turvatekijät ja varoitukset jäännösriskeistä. Riskianalyysiä ja turvallisuussuunnitelmaa käytetään syötteenä turvallisuusohjeen laatimiseen. Mahdollisista jäännösriskeistä valmistetaan laitteeseen kiinnitettävät varoitustarrat ja tarrojen sijoittelusuunnitelma. Turvallisuussuunnitelma ja -ohje liitetään lopulliseen asiakkaalle lähetettävään dokumenttiin.

Dokumentoinnilla varmistetaan, että valmiista koneesta on saatavilla soveltuvat käyttö-, huolto- ja turvallisuusohjeet ja muut tarvittavat kirjalliset dokumentit. Dokumentoinnin tehtävä on kerätä projektin sisäisiltä kumppaneilta seuraavat aineistot:

- mekaniikkakuvien kokoonpano ja osakokoonpano + osaluettelo
- sähkökuvat + osaluettelo
- pneumatiikkakaaviot ja ostokomponenttien hydraulikkakaaviot
- tekniset tiedot, kuten sähköarvot
- huolto-ohje
- turvallisuusohjeet ja -suunnitelma
- ohjelmointi, mekaniikka, sähkö, hitsaus, asennus ja turva-apuvälineiden käyttö-ohjeet
- ostokomponenttien käyttö- ja huolto-ohjeet
- CE-merkinnän todistus.

Kaikki projektiin liittyvät tiedot tarkastetaan ja suoritetaan käännöstyö ulkomaille lähtevien laitteiden käyttöohjeisiin. Käännöstyössä hyödynnetään käännöstoimiston palveluita. Tiedot muokataan lopulliseen asiakkaalle lähetettävään muotoon, joka voi olla paperiversio, muistitikku, sähköinen tiedosto, cd tai pilvipalvelu.

5.1.3 Koneturvallisuusprosessin kehityskohteet

Prosessin kehittäminen vaatii ylemmän johdon sitoutumista muutokselle ja johtoryhmän tiedostamista muutoksen hyödyistä. Toimenpiteet vaativat organisointia, joskus uusia

henkilö- tai muita resursseja, henkilöstön koulutusta ja olennaisista asioista tiedottamisesta säännöllisesti. Mahdollisia apukeinoja muutoksen saavuttamiseen on erilaiset tiedonhallintaohjelmat ja mitattavissa olevien tekijöiden mittareiden kehittäminen. Kehitys on syytä aloittaa ajamalla muutokset yksitellen sisään ja tarkkailemalla muutoksen hyötyjä mittareista saatujen tulosten ja haastatteluiden avulla. (Martinsuo et al. 2010)

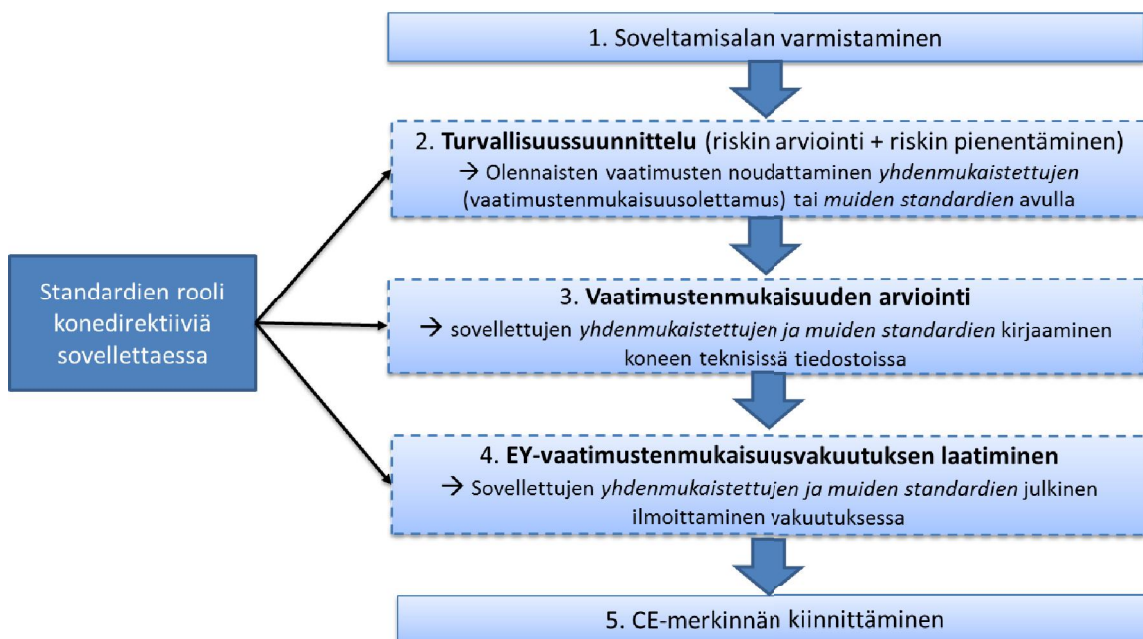
Turvallisuusprosessin ensimmäinen varsinainen osatehtävä on projektin toimintakuvauksen laadinta. Toimintakuvauksen keskinäinen riippuvuus suunnitteluosaston tehtävien kanssa ei prosessin sujuvuuden kannalta ole optimaalinen. Projektikohtaisen laite kuvauksen aikana tapahtuu prosessien välistä vastuunsiirtämistä, joka aiheuttanee viivästyksiä ja mahdollisia tietokatkoksia. Riskianalyysiin ja turvallisuussuunnitteluun osallistuu työryhmänä projektikohtaiset suunnittelijat ja projektijohtaja. Riskianalyysin perusteella havaittujen vaarojen ja arvioitujen riskien perusteella toteutetaan seuraavissa vaiheissa valmisteltavat tuotokset.

Turvatarrojen laadinta ja tarrapankin kehitys nykyisessä muodossaan ovat suhteellisen uusia osatehtäviä. Varoituskytöt korvanneen tarrajärjestelmän tarroja on laadittu riskianalyysien, turvallisuusohjeiden ja turvallisuussuunnitelmien perusteella Kritzin (2017) mukaan vasta vuoden 2017 alkupuolelta lähtien. Haasteena on valmistettavien koneiden projektiluonteisuus, jolloin tarrojen varoitukset vaihtuvat projektien välillä. Lisäksi globaali toiminta aiheuttaa sen, että varoitukset tulee kääntää projektin kohdemaan kielelle.

Haastattelussa (Hongisto et al. 2018) nousi esille koneturvallisuusprosessin toiminnan kannalta oleellisia kehitystarpeita. Näistä osa oli prosessin resurssien puitteissa toteutettavissa olevia ja osa vaatii laajempaa tarkastelua. Prosessia sujuvoittaviksi kehitystoimiksi ehdotettiin riskianalyysipohjan lähettämistä työryhmälle hyvissä ajoin ennen palaveria ja turvallisuussuunnitelman numeroinnin synkronointia sähkösuunnitelmien kanssa.

5.2 Turvallisuussuunnittelun ISO 12100 standardin mukaisuus

EU:ssa on säädetty konedirektiivi (2016/42/EY), jonka tarkoituksena on yhtenäistää EU/ETA-markkina-alueelle saatettavia koneita. Direktiivi koskee koneita, jotka otetaan tai saatetaan markkinoille ensimmäistä kertaa. Konedirektiivi on koneturvallisuuden standardien lähtökohta. Näissä standardeissa käsitellään kaikkia konedirektiivin liitteessä 1 määriteltyjä olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Kuvassa 26 on esitetty konedirektiivin edellyttämät vaatimukset, jotka on suoritettava ennen koneen markkinoille saattamista. (SFS ry 2015)



Kuva 26. Koneturvallisuuden standardien soveltaminen (SFS ry 2015)

Kuvassa 26 on esitetty konedirektiivin soveltamiseen tarkoitettujen standardien rooleja. Sovellettavista kohdista ensimmäinen, turvallisuussuunnittelu, on suoritettava ottaen huomioon kaikki koneeseen liittyvät terveys ja turvallisuusriskit kaikissa koneen käytön vaiheissa. Turvallisuusstandardit jaotellaan kolmeen standardiluokkaan, joista matalin luokka, eli C-tyyppin standardi (ISO 12100:2010) määrittelee perusfilosofian konedirektiivin noudattamiseen. B-tyyppin standardeja hyödynnetään suunnitteluvaiheessa ja ne määrittelevät tarkempaa perustietoa turvallisuustekijöistä. A-tyyppin standardit käsittelevät yksityiskohtaisimpia turvallisuusvaatimuksia tuotekohtaisesti. Vaikka standardi ISO 12100 (2010) osoittaa turvallisuustason ja se on yhdenmukaistettu konedirektiivin kanssa, se ei korvaa liitteen 1 vaatimusten toteuttamista, vaan avustaa niiden saavuttamisessa. (SFS ry 2015)

Koneturvallisuuden varmistaminen tapahtuu yrityksessä koneen suunnittelun aikana arvioimalla riskejä ja suunnittelemalla luontaisesti turvallisia kone- ja suunnitteluteknisiä toimenpiteitä tunnistettujen riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi. Riskejä käsitellään suunnitteluvaiheessa koneturvallisuuspäällikön ja koneturvallisuusasiantuntijoiden asiantuntijatyön ja turvallisuusselvitystyön keinoin. Kohdeyrityksen riskienhallintajärjestelmää tarkasteltiin vertailemalla riskianalyysiraportteja standardiin ISO 12100 (2010) ja haastatteleamalla turvallisuusasiantuntijoita (Kritz et al. 2018). Tulokset kirjattiin excel-taulukkoon, josta käsiteltyä tietoa analysoitiin. Tämän kappaleen alaotsikot viittaavat standardin ISO 12100 (2010) ensimmäisen osuuden, riskienarvioinnin otsikointiin. Varsinaisesta riskienhallinnasta jätettiin standardin toinen osuus, riskien pienentäminen, tarkastelun ulkopuolelle.

5.2.1 Riskin arviointia varten tarvittavat tiedot

Riskien arviointia varten tarvittavista tiedoista, koneen kuvaukseen sekä säädöksiin ja standardeihin liittyvät tiedot ovat ajankohtaiset ja standardinmukaiset. Käyttökokemukseen liittyvät tiedot on kirjattu riskianalyysipohjaan, mutta tietoja ei ole kerätty, eikä niitä ole saatavilla, joten se ei täytä standardin määritelmiä. Asiaankuuluvista ergonomisista periaatteista on kirjattu joitakin fyysiseen ergonomiaan liittyviä suunnitteluteknisiä tekijöitä. Tietoihin ei palata riskianalyysin iteroinnin tai koneeseen tehtävien muutosten yhteydessä. Suomen ergonomiayhdistyksen (2011) mukaan ergonomisen suunnittelun tarkoitus on saattaa koneen ja ihmisen vuorovaikutus mahdollisimman hyvälle tasolle, tarkoituksena parantaa tuottavuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta. Ergonomisella suunnittelulla pyritään mukauttamaan työtavat, työympäristö ja muut järjestelmät työntekijän ominaisuuksiin ja tarpeisiin. Koneen asiaankuuluviin ergonomisiin periaatteisiin tulisi huomioida yksittäisten fyysisten ergonomiatekijöiden lisäksi käytettävyyden ja esteettömyyden ergonomia. Toimenpiteenä standardinmukaistamiseksi ergonomisiin periaatteisiin kirjataan ergonomisten periaatteiden lisäksi standardeja, joita on käytetty koneen ergonomisessa suunnittelussa ja tarkastellaan niiden toteutumista.

5.2.2 Koneen raja-arvojen määrittäminen

Koneen raja-arvojen määrittäminen on riskianalyyseissä käsitelty melko hyvin standardin mukaisesti. Riskianalyysipohjaa ei ole edellisen standardin kumoamisen jälkeen päivitetty, mikä näkyy analyysissä päivityksen tarpeena. Koneen raja-arvojen määrittelyn standardinmukaistamiseksi on päivitettävä numerointi uudistetun standardin mukaiseksi sekä lisättävä analyysiin viittaukset standardiin ISO 12100 (2010).

Standardinmukaiseksi päivitettäviä kohtia ovat muun muassa kohtuudella ennakoitavissa oleva, muiden henkilöiden altistuminen koneeseen liittyville vaaroille ja koneen käyttäjien koulutustaso. Standardiin viittaukset olivat puutteellisia seuraavissa kohdissa: tilarajat, aikarajat ja muut raja-arvot. Riskianalyysipohjan kehitystyö on parhaillaan käynnissä ja havaitut puutteet päivitetään työn aikana.

5.2.3 Vaarojen tunnistaminen

Riskianalyysiin on määritelty vaarojen tunnistaminen koneen koko elinkaaren vaiheiden ajan, standardin määrittelemällä tavalla. Vaaroja on tunnistettu seuraavissa koneen elinkaaren vaiheissa: valmistus ja kuljetus, asennus ja käyttöönotto, käyttö sekä huolto/kunnossapito ja käytöstä poisto. Riskianalyyseissä keskitytään tunnistamaan koneen käytön aikaisia vaaratekijöitä, jolloin muiden koneen elinkaaren vaiheiden tarkastelu on jäänyt hieman suppeaksi.

Koneiden käyttöä koskevissa riskianalyyseissä on mietitty vaaratekijöitä kattavasti koneen eri osien toiminnot huomioiden ja käsitelty osien toiminnoista mahdollisesti aiheu-

tuvia vaarallisia tapahtumia. Käytön aikana esiintyvät vaarat on tunnistettu ottaen huomioon ihmisen vuorovaikutus koneen kanssa, koneen toimintatilat ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö lähes standardin mukaisesti. Puutteellista arviointia löytyi koneen toimintaan palauttamisessa toimintaan suunnitellun tai suunnittelemattoman pysäytyksen jälkeen. Standardin mukaisuuden saavuttamiseksi pysäytyksen jälkeinen toimintaan palauttaminen tulee ottaa myös huomioon.

5.2.4 Riskin suuruuden ja merkityksen arviointi

Riskien arviointia valmistellessa riskin suuruuden ja merkityksen arviointi on järjestetty lähes standardin määritelmien mukaisesti, muutamia huomioitavia tekijöitä lukuun ottamatta. Riskit arvioidaan vaaratekijäkohtaisesti. Riskin suuruus ja merkitys arvioidaan jokaisen riskien pienentämistoimenpide askeleen jälkeen ja tarkastellaan, onko toimenpide ollut riittävä riskin pienentämiseksi. Mikäli riski ei ole luontaisesti turvallisten suunnittelutoimenpiteiden myötä arvioitu olevan hyväksyttävällä tasolla, mietitään suojausteknisiä toimenpiteitä ja arvioidaan riskin suuruus ja merkitys näiden toimenpiteiden jälkeen. Jos riski ei suojausteknisten toimenpiteiden jälkeen ole riittävän alhaisella tasolla, määritellään käyttöä koskevat tiedot. Käyttöä koskevia suojaus- ja turvallistamismenetelmiä voi olla yksi tai useampi kohteesta riippuen. Suojaus- ja turvallistamismenetelmiä ovat esimerkiksi operaattorin koulutus, huolto- ja käyttöohjeet, turvallisuusohjeet ja erilaiset henkilösuojaimet. Arviointia iteroidaan, kunnes riskin suuruus on hyväksyttävällä tasolla.

Kohdeyrityksen riskianalyyseissä käytetään jäännösriskien arviointimatriisista. Matriisiin on määritelty jäännösriskin suuruus vahingon vakavuuden ja esiintymisen todennäköisyyden perusteella. Riskimatriisi täyttää seurauksien ja todennäköisyyksien osalta standardin ISO 12100 (2010) määritelmät muilta osin, mutta se ei ota kantaa altistuvien henkilöiden määrään. Esitietoihin on kirjattu sallittu operaattoreiden määrä ja lisätiedoissa määritellään, että ulkopuoleiset henkilöt on pidettävä vaara-alueen ulkopuolella. Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 standardinmukaisuus on varmistettava laatimalla riskin suuruuden ja merkityksen arviointiin yksinkertainen ohjeistus.

5.3 Koneturvallisuusprosessin ISO 9001 standardinmukaisuus

Laadunhallintajärjestelmän standardi ISO 9001 (2015) on hyväksytty CEN-sääntöjen mukaan ja se tukee EU:n direktiiveissä esitettyjä vaatimuksia. Laadunhallintajärjestelmää rakennettaessa ensisijainen tehtävä on määrittää organisaation toimintajärjestelmä sekä vaikuttavaan laadunhallintaan tarvittavat prosessit ja toteuttaa ne määritelmien mukaisesti. Järjestelmää on tarkasteltava organisaatiossa kokonaisuutena ja toimintoja pyrittävä hallinnoimaan järjestelmällisesti kaikkien laadunhallintajärjestelmään liittyvien prosessien osalta.

Vaikka standardi ISO 9001 (2015) käsittelee organisaatiota kokonaisuutena, sisältää koneturvallisuusprosessi sellaisia osatehtäviä, jotka ovat konedirektiivissä määriteltyjen vaatimusten täyttymisen kannalta olennaisia. Konedirektiivin (2006/42/EY) liitteessä X, *täydellinen laadunvarmistus* esitetään, että laatu järjestelmän on varmistettava markkinoille asetettavien koneiden säännösten mukaisuus. Koneturvallisuusprosessin on varmistettava konedirektiivin liitteen I työturvallisuus ja -terveystekijöiden vaatimusten mukaisuus ja että liitteessä VII esitetty tekninen tiedosto sisältää tarvittavat tiedot.

Kaikkia standardin ISO 9001 (2015) kohtia ei voida soveltaa yksittäiselle osaprosessille, joten tarkastelusta on jätetty pois ne osiot, joita ei voida huomioida pelkästään koneturvallisuusprosessin osalta. Tarkastelusta on jätetty ulkopuolelle kappaleet: johtajuus, suunnittelu, suorituskyvyn arviointi ja parantaminen. Toimintaympäristö, tukitoiminnot ja toiminta on tarkasteltu pääasiassa vain koneturvallisuusprosessille sovellettavissa olevin osin. (Konedirektiivi 2006/42/EY; ISO 9001:2015) Tämän kappaleen alaotsikot viittaavat laadunhallintastandardin otsikointiin. Kun tässä kappaleessa viitataan standardin määritelmiin, on kyseessä ISO 9001 (2015) standardi, ellei toisin mainita.

5.3.1 Organisaation toimintaympäristö

Organisaation tarkoituksen ja strategian kannalta olennaiset asiat, jotka vaikuttavat sen kykyyn saavuttaa laadunhallintajärjestelmältä halutut tulokset, ovat määriteltynä organisaation strategiassa. Koneturvallisuus on osa organisaation toimintaa tilaus-toimitusketjun tukiprosessina, joten samat asiat koskevat myös koneturvallisuusprosessia. Buchet (2017) esittää, että laadunhallintajärjestelmän kannalta organisaation olennaisien sidosryhmien ja niiden vaatimusten määrittelyssä on keskityttävä vain olennaisiin sidosryhmiin, jotka vaikuttavat suoraan asiakkaiden tarpeisiin. Määritelmä on pidettävä yksinkertaisena, jolloin laadunhallintajärjestelmän kannalta ei koneturvallisuusprosessille ole olennaista tehdä vastaavaa tarkkaa määrittelyä. Laadunhallintajärjestelmän soveltamisalan määrittely on myös toteutettu koko organisaation tasolla, eikä siten tarvitse huomioida yksittäisen prosessin osalta.

Kohdeyrityksessä ei vielä ole määritelty laadunhallintajärjestelmän kannalta olennaisia prosesseja. Koneturvallisuus prosessina huomioitiin silti vertailussa, sillä koneturvallisuus on tekijä, joka tulee järjestää vaatimusten mukaisesti ja noudattaa konedirektiivin määritelmiä. Tämän tutkimuksen aikana valmistellusta prosessikuvauksesta on tunnistettavissa standardin määritelmien mukaan lähtötiedot, odotettavissa olevat tuotokset sekä prosessien järjestys ja keskeinen vuorovaikutus. Tarvittavat kriteerit ja menetelmät prosessien toiminnan ja ohjauksen varmistamiseen on käytännön tasolla toteutettu tehtävien ohjauksella ja viikkotasolla järjestettävät seurantapalaveilla.

5.3.2 Tukitoiminnot

Standardinmukaisten *resurssien* tarkka määrittely koneturvallisuuden osalta ei tällä hetkellä ole tarkoituksenmukaista, sillä laadunhallintajärjestelmän kannalta olennaisia prosesseja ja tavoitteita ei ole vielä määritelty. Resurssien osittainen määrittely ja tarvittavien toimenpiteiden ennakkoon miettiminen saattaa kuitenkin helpottaa jatkossa varsinaisen laadunhallintajärjestelmän tarpeiden määrittelyä. Etenkin selkeät osastokohtaiset ongelmakohdat voidaan korjata jo ennen laadunhallintajärjestelmän tavoitteiden määrittelyä. Tarvittavia resursseja määritellessään organisaation olisi käytettävä riskiperusteista ajattelua ja otettava huomioon eri prosesseille liittyville henkilölle määritellyt vastuut ja valtuudet.

Toimintaympäristön parantamiseksi on otettava huomioon myös *psykologiset ja fyysiset resurssit*. Työterveyslaitoksen (2018) mukaan istumatyö kuormittaa tuki- ja liikuntalihaksia, mikä aiheuttaa kiputiloja ja haittaa työn sujuvuutta. Istumatyön kuormittavuutta voidaan vähentää ergonomisilla tekijöillä kuten satulatuolilla tai mekanisoidulla työpöydällä. Liikunta, tupakoinnin lopettaminen ja painon pudotus ehkäisevät ongelmien syntymistä. (Työterveyslaitos 2018) Kohdeyrityksessä työhyvinvointia ylläpidetään osallistumalla työntekijän hierontakustannuksiin sekä erilaisilla ilmaisilla liikuntamahdollisuuksilla, kuten kuntosali, uimahalli ja joukkuepelit.

Mittauksen ja seurannan resurssit, ylläpito ja dokumentointi voidaan määritellä vasta kun laadunhallinnan tavoitteet ovat selvillä. Tavoitteiden perusteella määritellään, mitkä tekijät ovat kriittisiä seurata ja mitata, jotta voidaan varmistaa tavoitteiden saavuttaminen. Koneturvallisuusprosessille voidaan pohtia toiminnan ja tuotannon seurantaan soveltuvat mittarit konedirektiivin (2006/42/EY) vaatimuksien perusteella. Soveltuvia mittareita määritellessä tulee kiinnittää huomiota suunnittelun aikaisiin turvallisuustekijöihin, riskienhallintaprosessin lain- ja asetustenmukaisuuteen.

Standardissa ISO 9001 (2015) eritellään, että laadunhallintajärjestelmän suorituskykyyn vaikuttavien työntekijöiden *pätevyys* on määriteltävä, varmistettava, tarvittaessa hankittava pätevyys ja säilytettävä dokumentoitua tietoa. Tällä hetkellä koneturvallisuusprosessissa työskentelevät henkilöt ovat todettu päteviksi heidän koulutuksensa ja työkokemuksensa perusteella. Pätevyyttä ylläpidetään järjestämällä koulutuksia tarvittaessa.

5.3.3 Toiminta

Koneturvallisuudelle *suunnitellaan ja ohjataan* laadunhallintajärjestelmään soveltuva prosessi osana kokonaisuuden suunnittelua. Toimintaprosessin suunnittelussa on mietittävä, mitkä ovat kaikki olennaiset tuotteita ja palveluita koskevat vaatimukset. Tuotteita ja palveluita koskevien vaatimuksien ja itse prosessin kriteerien määrittely on myös otettava huomioon.

Tuotteiden ja palvelujen *tuottamiseen liittyvien vaatimusten* täyttymiseen vaadittava prosessikuvaus on vasta kehityksen alla. Prosessiin vaadittavat säädöstenmukaiset tekijät voidaan silti määritellä, sillä valmistettavat tuotteet ja palvelut ovat tiedossa. Kone-turvallisuusprosessin lain vaatimat kriteerit ovat pitkälti määritelty konedirektiivissä (2006/42/EY). Turvalaitteet ja -komponentit hyväksytään riskianalyysin ja turvallisuus-suunnitelman perusteella, kun tunnistetut riskit on todettu olevan hyväksyttävällä tasolla.

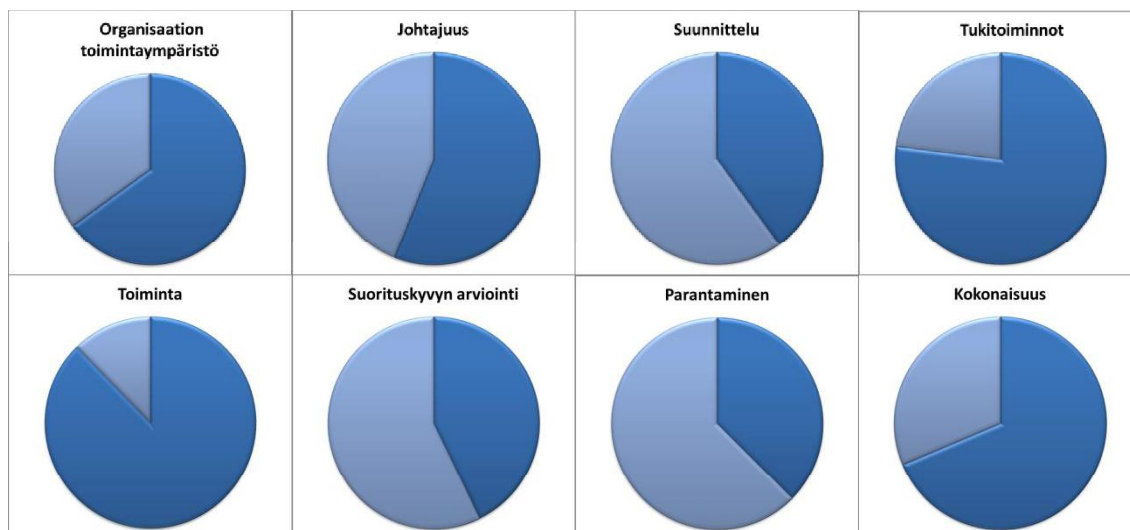
6. POHDINTA

Yhdenmukaistetut koneturvallisuuden standardit ovat vapaaehtoisia, sillä vain konedirektiivin vaatimuksia on pakko noudattaa. Standardit kuitenkin auttavat direktiivin yleisluonteisten vaatimusten ymmärtämisessä ja vaatimusten saavuttamisessa. Koneturvallisuuden standardien mukaisesti valmistettu kone voidaan katsoa olevan direktiivin säädösten mukainen niiltä osin, mitä hyödynnetty standardi kattaa. (SFS ry 2015) Tässä työssä katselmoidut standardin määritelmät toimivat kohdeyritykselle erinomaisena pohjatietona siitä, mitä laadunhallintajärjestelmän kehittäminen vaatii ja mitkä kehitystoimenpiteet ovat kriittisimmät järjestelmän käyttöönoton kannalta. Työssä esitettyjä kriittisiä muutoksia vaativien toimenpide-ehdotusten laki- ja viranomaisvaatimukset on kuitenkin vielä katselmoitava ennen hyväksymistä.

Työn edetessä todettiin, että diplomityöhön rajattu aihe oli liian laaja. Koneturvallisuusstandardin ISO 12100 (2010) ja konedirektiivin (2006/42/EY) tarkastelu tarkoitukseen soveltuvalla tavalla olisi jäänyt liian suppeaksi, joten työ rajattiin uudelleen. Koneturvallisuusstandardista käsiteltiin vain riskien arviointi ja sen perusteella mietittiin toimenpiteet riskianalyysin kehittämistä varten. Vaikka prosessissa toteutettavaan riskianalyysiin määriteltiin kehitystoimenpiteitä standardin vaatimusten täyttymiseksi, on yrityksessä silti syytä vielä tarkastella turvallisuussuunnittelua ja verrata sitä konedirektiivin (2006/42/EY) vaatimuksiin, ISO 12100 (2010) riskien pienentämisen osuuteen ja muihin tarvittaviin koneturvallisuusstandardeihin.

6.1 Organisaatioprosessien laatujärjestelmämukaisuus

Johtoryhmän haastatteluiden pohjalta suoritettua analyysin perusteella saatiin vastaukset ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, miten organisaatioprosessit vastaavat standardia ISO 9001 (2015). Tässä kappaleessa pohditaan tuloksien perusteella, mitä organisaation laatujärjestelmämukaisuuden toimintaan vastaavuus merkitsee ja olivatko tulokset luotettavia. Tulosten perusteella voidaan todeta, että laadunhallintajärjestelmän käyttöönotto vaatii koko organisaatioprosessin käsittelyä, katselmointia ja erilaisia kehitystoimenpiteitä. Standardinmukaisuuden arvioinnin perusteella valmistetun excel-tiedoston pohjalta muodostettiin piirakkakaaviomalli. Kaavio kuvastaa standardinmukaisuuden tilaa johtoryhmän näkemyksen perusteella, melko karkealla tasolla. Kuvassa 27 on nähtävillä kohdeyrityksen kaaviomallia kuvastava piirakkakaavioesitys. Piirakat ovat muodostettu tarkasteltavasta standardista siten, että tarkastelluista kohdista on arvioitu standardinmukaisten (tummansininen) ja toimenpiteitä vaativien kohtien (vaalean sininen) osuus prosentteina.



Kuva 27. Piirakkakaaviota kuvastava esitys

Piirakkakaavion mukainen määrittely on vain suuntaa antava, eikä sitä voida pitää virallisena standardinmukaisuuden kehittämisen mittarina. Tutkimusmenetelmän tulosten perusteella kaaviot kuitenkin kuvaavat kohdeyrityksen laadunhallintajärjestelmän kehitystarvetta hyvin. Tulokset ovat karkean tason organisaatiomäärittelyyn pohjautuvaa ja yrityksen johtoryhmän tietämykseen perustuvia, jolloin voidaan olettaa että ilman tarkkaa tutkimusta, todellisuus voi poiketa jonkin verran kaavion esityksestä. Tarkempi määrittely, johon olisi osallistunut myös prosessien omistajat, ei välttämättä olisi ollut tutkimuksen tavoitteiden kannalta olennaista. Tutkimustulokset vastaavat hyvin ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Piirakat ilmentävät, miten kunkin toiminnon osa-alue vastaa standardia. Niistä ei ole luettavissa, mitkä tekijät ovat järjestetty hyvin ja mitkä vaativat toimenpiteitä.

Tämän hetkisen arvion mukaan koko organisaation toimintajärjestelmä vaatii kehitystoimenpiteitä. Suurimmat haasteet ovat yleisesti tietojen dokumentointi, viestintä ja muutosten hallinta. Tiedon ja tiedonjaon haasteet, erityisesti muutostilanteissa, muuttivat monessa toiminnan osa-alueessa muutoin hyvin hoidetun osatehtävän kehitystoimia vaativaksi. Lisäksi kappaleiden *johtajuus*, ja *suorituskyvyn arvioinnin* standardiin vastaavuuteen tuo oman negatiivisen vaikutuksensa laatupolitiikka, laatutavoitteet ja laadunhallintajärjestelmän auditointi, joita ei luonnollisesti ole määritelty yrityksessä, jossa ei ole käytössä laadunhallintajärjestelmää.

Organisaation laadunhallintajärjestelmänmukaisuuden vertailun yhteydessä johtoryhmän edustajat määrittelivät, että Pemamekillä ei ole varsinaista kappaleessa *toiminta* määriteltyä toistettavaa tuotteiden ja palveluiden suunnittelu- ja kehitysprosessia. Standardin kyseinen kohta käytiin nopeasti läpi ja todettiin kokonaisuudessaan kehityskohteeksi, sen tarkemmin asiaa pohtimatta. Tuloksia kriittisesti tarkastellessa oli todettava, että toiminta toteutuu kuitenkin osittain standardinmukaisesti.

Tästä tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella kohdeyrityksessä alettiin suunnitella organisaation muutosta ja toimintajärjestelmän uudelleenmäärittelyä. Ensimmäinen kehitysvaihe, teknologiaprosessin määrittely, on parhaillaan käynnissä oleva projekti. Teknologiaprosessin kehityksessä on mietittävä tarkkaan, miltä osin standardin kohtaa ”tuotteiden ja palveluiden suunnittelu ja kehittäminen” on kannattavaa soveltaa Pema-mekin kaltaisessa, projektivetoisessa toiminnassa.

Nopean kasvun aikana suorituskyvyn kriittinen tarkkailu ja virheistä oppiminen on jäänyt toissijaiseksi toiminnoksi. Järjestelmällinen mittareiden ja seurannan puute näkyy siten, että Standardinmukaistaminen vaatii *suorituskyvyn arvioinnin* ja arvioinnin perusteella suoritettavan *parantamisen* määrittelyä ja toimintaan soveltuvan mittariston ja seurantajärjestelmän kehittämistä. Toimivan mittariston tulokset ovat ainoa tekijä, jonka avulla voidaan analysoida ja seurata organisaation todellista kehitystä.

Tarkastelussa vahvimiksi organisaatiotoiminnan osa-alueiksi arvioitiin *toiminnan lisäksi organisaation toimintaympäristö* ja *tukitoiminnot*. Yrityksessä on tunnistettu hyvin toimintaan ja strategiaan vaikuttavia asioita. Erityisesti ulkoisten tekijöiden tunnistaminen ja katselmointi on järjestetty kattavasti. Lisäksi ulkoiset sidosryhmät ja niiden tarpeet on tunnistettu hyvin. Toimintaympäristö vaatii laadunhallintajärjestelmälle olennaisten prosessien, tarvittavien syötteiden ja odotettujen tuotosten tarkkaa määrittelyä. Prosessimäärittely ja tavoitteiden asettaminen ovat ensisijaiset tehtävät laadunhallintajärjestelmän kehittämisessä. Infrastruktuuri, henkilöstön pätevyys sekä käytettävien mitalaitteiden ja -välineiden huolto ja kalibrointi on hoidettu standardin määrittelemällä tavalla. Kehitystä ja toimenpiteitä vaativat organisaation tietämyksen ylläpitäminen, dokumentoidun tiedon määrittely ja hallinta sekä viestintä. Dokumentoidun tiedon hallintaa käsitellään tietosuojalain perusteella, mutta dokumentoinnin versiohallinta ja viestintämenetelmät olisi katselmoitava vaikuttavan laadunhallintajärjestelmän saavuttamiseksi.

6.2 Koneturvallisuusprosessi

Tämän tutkimuksen toinen tutkimuskysymys oli, missä organisaatioprosessin osa-alueissa koneturvallisuus on osana. Prosessiselvityksen perusteella koneturvallisuusprosessi kuuluu olennaisena osana tilaus-toimitusketjuun, joka on merkittävä ydinprosessi organisaation toiminnassa. Koneturvallisuusprosessi käsittää kaksi osaprosessia koneen valmistusprosessin eri vaiheissa. Koneen turvallisuus varmistetaan projektin alkuvaiheessa ja dokumentointi sijoittuu projektin loppuun. Merkittävimmät sidosryhmät ovat sisäiset asiakkaat, joille tuotetaan heidän prosessissaan vaadittavia tuotoksia ja sisäiset kumppanit, joilta saadaan olennaisia prosessiin vaadittavia syötteitä. Prosessin kehitystoimenpiteitä miettiessä on otettava huomioon sidosryhmien keskeinen vuorovaikutus ja tiedon kulku. Tutkimusmenetelmän avulla saatiin kaikki olennainen tieto tavoitteiden saavuttamiseksi. Vastaava menetelmä on luotettava ja käyttökelpoinen muiden organisaatioprosessien selvittämiseksi.

Tutkimuksen kolmanteen tutkimuskysymykseen, miltä osin nykyinen koneturvallisuusprosessi täyttää konedirektiivin (2006/42/EY) asetukset ja koneturvallisuusstandardin ISO 12100 (2010) määritelmät saatiin vain osittainen vastaus tutkimuksen perusteella, sillä työ rajattiin uudelleen tutkimuksen aikana. Riskienarvioinnin ISO 12100 (2010) tarkasteluun otettiin mukaan kattava otanta kohdeyrityksen riskianalyysi-dokumenteista ja vastaavien koneiden käyttöohjeet ja turvallisuussuunnitelmat. Standardiin (ISO 12100:2010) vertailuun haastateltiin koneturvallisuusasiantuntijoita ja koneturvallisuuspäällikköä. Menetelmä oli riittävä toimenpiteitä vaativien kohteiden tunnistamiseksi. Koneturvallisuuden standardi ISO 12100 (2010) määrittelee riskin arvioinnin ja turvallisuussuunnittelun peruseriaatteen, joista katselmoitiin vain riskien arviointia. Katselmoinnin perusteella riskien arvioinnin muutostarpeet koskivat lähinnä riskianalyysipohjan päivittämistä, standardiin viittaamista ja ohjeiden selkeyttämistä.

Tässä tutkimuksessa suoritettu koneturvallisuusprosessin ISO 12100 (2010) standardiin vertailun tulokset eivät riitä vakuuttamaan, että määritellyt kehitystoimenpiteet ovat riittävät säädöksen täyttämiseen. Riskien pienentämisprosessi vaatii vielä lisäksi koneturvallisuusstandardin ISO 12100 (2010) riskien pienentämis-osuuden tarkastelua ja konedirektiivin (2006/42/EY) liitteeseen 1 perustuvaa määrittelyä, mitä erilaisia B- ja A-tason koneturvallisuusstandardeja tulee ottaa huomioon suunnittelussa.

Koneturvallisuusprosessin kehitystarpeita pohdittiin jokaisessa tutkimuksen osatehtävässä. Kehitystä ja muutostarvetta on hyvä tarkastella monesta eri näkökulmasta ja varmistettava, että ensisijaisesti lakien ja viranomaisten vaatimukset toteutuvat. Menetelmän avulla saavutettiin tarvittavat tulokset tutkimuskysymyksen luotettavaan määrittelyyn. Työn aikana kehitystarpeen tarkastelu henkilöstön kokemusten, standardien määritelmien ja lakien vaatimusten mukaan antoi hyvän pohjatiedon muutostarpeista ja niiden priorisoinnista. Henkilöstön kokemuksiin ja näkemyksiin perustuvat muutostarpeet ovat hyvä lähtökohta hankkia tietoa siitä, miten ongelmat ilmenevät ja miten ne koetaan. Riskienhallintaan vaadittavat toimenpiteet ovat lain pakottamia, joten muutostarpeita määriteltäessä on varmistettava lainmukaisuuden säilyminen. Laadunhallintajärjestelmän ISO 9001 (2015) tuleva käyttöönotto on yrityksessä strateginen päätös, eivätkä sen määritelmät perustu lain tai viranomaisten vaatimuksiin. Laatujärjestelmä on kuitenkin konedirektiiville (2006/42/EY) alisteinen. Direktiivin liitteessä X määritellään, että laadunhallintajärjestelmän on varmistettava markkinoille saatettavien koneiden tai puolivalmisteiden säännöstenmukaisuus. Järjestelmällinen dokumentointi muodostaa kuvauksen tarkoitettujen vaatimusten täyttymisestä.

Määritellessä työn viimeistä tutkimuskysymystä, mitä toimenpiteitä tarvitaan koneturvallisuusprosessin ISO 9001 (2015) -standardimukaistamiseksi on käytetty pohjatietona prosessimäärittelystä saatuja tuloksia. Ensisijainen laatujärjestelmän kehitystehtävä on vaadittavien prosessien selvitys ja henkilöiden vastuiden ja valtuuksien määrittely. Koneturvallisuusprosessia koskevat muutostarpeet vaikuttavat monesti myös sidosryhmien prosesseihin. Esimerkiksi dokumentointiprosessiin vaadittavien tiedostojen valmistelu

ja saatavuus vaatisi huollolta ja suunnitteluosastoilta lisää henkilötyötunteja. Muita mahdollisia prosessin kehityskohteita ovat turvallisuussuunnitelman numerointi samalla järjestelmällä sähkökuvien kanssa ja turvallisuussuunnitelmien aikaisempi ajoittaminen.

Prosessin sujuvuuden kannalta tulisi miettiä, miten asiakasvaatimukset ja projektimuutokset rajataan. Tarkemmat tuotemääritelmät ja selkeämpi muutostenhallinta edesauttaisivat riskianalyysin, turvallisuussuunnitelmien ja muiden koneturvallisuuden tehtävien hallinnassa. Projektin alussa esiintyvistä ongelmista aiheutuvat aikataulumuutokset vaikuttavat koko projektin ajan, myös dokumentoinnin tehtävien suoritukseen työn loppuvaiheessa. Prosessin ISO 9001 -standardinmukaistamiseksi välttämättömät toimenpiteet ovat prosessimääritelmän lisäksi viestintäsuunnitelman valmistelu, dokumentoinnin versiohallinnan kehitys ja turvatason varmistaminen esimerkiksi valmiin koneen turvalaitteiden katselmoinnilla, tai muilla turvatoimilla.

7. YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin Pemamek Oy:n nykytilaa ja toimintamalleja. Nykytilamallista tunnistettiin organisaation ydin- ja tukiprosessit, joista valmisteltiin karkean tason prosessimääritelmä. Määritelmä toimi pohjatietona ISO 9001 (2015) laadunhallintajärjestelmän mukaisuuden tutkimisessa, joka suoritettiin haastattelemalla kohdeyrityksen johtoryhmän edustajia. Tarkoituksena oli tutkia, millä tasolla organisaation toiminta vastaa laadunhallintajärjestelmän määritelmiä ja mitä toimenpiteitä vaaditaan sertifioitujen järjestelmän saavuttamiseksi. Työstä saatiin merkittävää tietoa yrityksen laadunhallinnallisesta tilasta ja kehitystarpeista. Tuloksien perusteella kohdeyrityksessä päätettiin aloittaa vaikuttavaan laadunhallintajärjestelmään vaadittavien prosessien, laatutavoitteiden ja laatupolitiikan määrittely.

Työn rajausta tehdessä haluttiin viedä laadunhallintajärjestelmän määrittelyä hieman pidemmälle. Tarkoituksena oli valmistella tutkimusmenetelmä, jota voitaisiin jatkossa monistaa muihin toimintajärjestelmän prosesseihin laadunhallintajärjestelmän käyttöönottoa ajatellen. Tarkastelun kohteelle, koneturvallisuusprosessille, suoritettiin vastaava karkean tason nykytilakartoitus kuin ydin- ja tukiprosesseille ja lisäksi yksityiskohtaisempi prosessimäärittely. Prosessi määriteltiin haastattelemalla vastuuhenkilöitä ja sidosryhmien edustajia ja siitä selvitettiin sen tehtävien, syötteiden, tuotosten ja kehityskohteiden lisäksi sidosryhmät ja niiden keskeinen vuorovaikutus.

Koneturvallisuusprosessin vaatimusten mukaisuutta tarkasteltiin vertailemalla sitä koneturvallisuusstandardiin ISO 12100 (2010). Vertailua rajattiin siten, että riskienarviointiprosessista jätettiin riskien pienentämisen tarkastelu pois ajanhallinnallisista syistä. Tarkastelun perusteella löydettyjen kehitystarpeiden korjaaminen aloitettiin kohdeyrityksessä viipymättä.

Laadunhallintajärjestelmän kannalta vaadittavia toimenpiteitä katselmoitiin vertaamalla sitä standardiin ISO 9001 (2015). Vertailusta rajattiin tarkastelun ulkopuolelle standardin kohdat, joita ei voida soveltaa yksittäiselle prosessille vaan jotka ovat tarkoitettu organisaatiotasolla määriteltäviksi. Laadunhallintajärjestelmän määritelmien mukaisuuden saavuttamiseksi vaadittavien toimenpiteiden tulkinnassa otettiin huomioon myös prosessiselvityksessä havaitut kehitystarpeet ja riskienhallintaprosessin vaatimat toimenpiteet. Tuloksena saavutetut toimenpide-ehdotukset otetaan huomioon laadunhallintajärjestelmään vaadittavien organisaatioprosessien määrittelyssä. Prosesseja pyritään jatkossa ohjaamaan kohti tehokkaampaa ja toimivampaa toimintamallia, ottaen huomioon työntekijöiden hyvinvointi ja asiakkaiden toiveet ja vaatimukset.

LÄHTEET

AKM consulting Oy, (2018) Sertifiointiauditointi, verkkosivu Saatavissa (viitattu 31.1.2018): <http://sertifiointi.com/sertifiointiauditointi/>

Anttila, J. & Jussila, K., (2016) Mitä laatu on? Suomen standardisoimisliitto SFS ry, verkkosivu Saatavissa (viitattu 18.7.2017): https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli

Arvonen, L., & Lindroos, M., (2017) Tekninen dokumentaatio, Pemamek Oy, Loimaa. Haastattelu koneturvallisuusprosessin määrittelyyn 9.11.2017.

Buchet, P., (2017) Sertifiointipalvelut, Toimitusjohtaja, DQS Finland Oy, Helsinki, Seminaari: Standardin ISO 9001 käyttö 12.12.2017.

Campbell, F. C., (2011) Joining: Understanding the Basics, ASM International, Ohio, USA, 336 p.

Garvin, D. A., (1987) Market research: Competing on the Eight Dimensions of Quality, Issue of Quality Harvard Business Review, November 1987. Saatavissa (viitattu 5.2.2018): <https://hbr.org/1987/11/competing-on-the-eight-dimensions-of-quality>

Glickstein, S. S., Friedman, E. & Martukanitz, R. P., (2011) Characterization and Modeling of the Heat Source, in: Lienert, T., Siewert, T., Babu, S., & Acoff, V., (ed.), ASM Handbook, Welding Fundamentals and Processes Vol 6A, ASM International, USA, p 35–42.

Heikonen, J., Toimitusjohtaja, (2017) Levomäki, T., Laatu- ja koneturvallisuuspäällikkö & Ojanperä, A., Operatiivinen johtaja, Pemamek Oy, Loimaa, Haastattelut organisaatio-toiminnan vertailu standardiin ISO 9001 (2015), aikavälillä 15.8.2017–27.11.2017.

Heikonen, J., Toimitusjohtaja, (2018) Pemamek Oy, Loimaa, Organisaation sisäinen tiedotustilaisuus 16.2.2018.

Hongisto, J., Mekaniikkasuunnittelija, (2018) Hollo, J., Projektipäällikkö, Hutka, S., Sähkösuunnittelija Salmela, A., Ohjelmistosuunnittelija & Virtanen, J., Automaatio-suunnittelija, Pemamek Oy, Loimaa, Haastattelut koneturvallisuusprosessin määrittelyyn, aikavälillä 5.2.2018–8.2.2018.

Karjalainen, E., & Piirainen, A., (2006) Mitä laatu tarkoittaa ja kuinka on saavuttu tämän päivän laatuun?, Quality Knowhow Karjalainen Oy, verkkosivu Saatavissa (viitattu 20.11.2017): <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/mitae-laatu-tarkoittaa-ja-kuinkauttu-taemaen-paeivaen-laatuun-on/>

Konedirektiivi 2006/42/EY, (2006) Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta.

Kritz, R., Turvallisuusasiantuntija, (2017) Pemamek Oy, Loimaa, Haastattelu koneturvallisuusprosessin määrittelyyn 1.11.2017.

Kritz, R., Turvallisuusasiantuntija, (2018) Levomäki, T., Laatu- ja koneturvallisuuspäällikkö, Oksman, A., Pemamek Oy, Loimaa, Haastattelu koneturvallisuusprosessin ISO 12100 (2015) standardinmukaisuuden arviointi 8.2.2018.

Leckelin, O., (2002) Laatu yrityksen menestystekijänä, Kauppakaari, Helsinki, 464 s.

Levomäki, T., (2017) Organisaatorakenteen selvitys EFQM. Pemamek Oy, Loimaa.

Lepola, P., Makkonen, M., (2005) Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet tekijä, WSOY, Helsinki, 429 s.

Martikainen, J., (2015) Hitsauksen laatu, laaduntuottotekijät ja laatujohtaminen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Kansainvälinen hitsauskoordinoijan pätevyityskoulutus: opetusmoniste, s. 47–61.

Martinsuo, M. & Blomqvist, M., (2010) Prosessien mallintaminen osana toiminnan kehittämistä, Tampereen teknillinen yliopisto, Teknis-taloudellinen tiedekunta: Opetusmoniste 2, s. 4–13.

Moen, R., (2009) Foundation and History of the PDSA Cycle, Associates in Process Improvement, Detroit, USA, Saatavissa (viitattu 6.2.2018): https://deming.org/uploads/paper/PDSA_History_Ron_Moen.pdf

Pemamek Oy, (2016a) Make More. Pema Welding and Production Automation, Pemamek Oy, Loimaa, Julkaisematon esite.

Pemamek Oy, (2016b) Strategy 2016–2020, Pemamek Oy, Loimaa, Julkaisematon hallitusesitys, 25 s.

Pemamek Oy, (2018) Technical specification D26772-3 for PEMA 1600/4 Membrane Wall Panel welding line, Pemamek Oy, Loimaa.

Pires, J. N., Loureiro, A. & Bölmsjö, G., (2016) Welding Robots: Technology, System Issues and Applications s. 17–18. Saatavissa: (viitattu 25.1.2018): <https://link-springer-com.libproxy.tut.fi/content/pdf/10.1007%2F1-84628-191-1.pdf>

Saari, U., (2017) Kurssin esittely: Mitä ovat prosessit, Tamereen teknillinen yliopisto, TTA-72011 Laatujohtaminen: opetusmateriaali, s. 24.

Sower, V. E., (2011) Essentials of Quality whit cases and experiential exercises. John Wiley & Sons, Inc., 392 s.

Suomen ergonomiayhdistys ry, (2011) Mitä on ergonomia? verkkosivu Saatavissa (viitattu 26.1.2018): <http://www.ergonomiayhdistys.fi/yhdistys/uusi-sivu/>

Suomen Standardisoimisliitto, SFS ry, (2015). Koneturvallisuuden standardit, Helsinki. Saatavissa (viitattu 14.3.2018): <https://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuusesite2015web.pdf>

SFS-EN ISO 3834-1, (2006) Metallien sulahitsauksen laatuvaatimukset. Osa 1: Laatuvaatimustason valintaperusteet, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 19 s.

SFS-EN ISO 5817, (2014) Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sula-hitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 60 s.

SFS-EN ISO 6520-1, (2008) Hitsaus ja lähiprosessit. Geometristen hitsausvirheiden luokittelu metallisissa materiaaleissa. Osa 1: Sulahitsaus, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 52 s.

SFS-EN ISO 9001, (2015) Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 76 s.

SFS-EN ISO 9002, (2017) Laadunhallintajärjestelmät. Standardin ISO 9001:2015 soveltamisohjeita, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 99 s.

SFS-EN ISO 12100, (2010) Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 172 s.

SFS-EN ISO 14731, (2006) Hitsauksen koordinointi. Tehtävät ja vastuut, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 27 s.

SFS-EN ISO 15607, (2004) Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Yleisohjeet, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 30 s.

SFS-EN ISO 15609-1, (2004) Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hitsausohjeet. Osa1: Kaarihitsaus, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 17 s.

SFS-EN ISO 15614-1, (2017) Hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä metalleille. Hyväksyntä menetelmäkokeella. Osa 1: Terästen kaari- ja kaasuhitsaus sekä nikkelin ja nikkeliseosten kaarihitsaus, Suomen standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki, 86 s.

Taghizadegan, S., (2006) Essentials of Lean Six Sigma, Elsevier Science & Technology, Burlington, USA, s. 3–4.

Tervolin, J., Hitsausinsinööri, (2018) Pemamek Oy, Loimaa, Haastattelu hitsaustekniikasta 1.2.2018.

Tsai, C. L., (2011) Introduction Heat Flow in Fusion Welding, in: Lienert, T., Siewert, T., Babu, S., & Acoff, V., (ed.), ASM Handbook, Welding Fundamentals and Processes Vol 6A, ASM International, USA, pp. 55–66.

Toikka, P., (2015) Hitsauksen laadunhallinta, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Kansainvälinen hitsauskoordinoijan pätevytyskoulutus, Luentomateriaalit 2015 A, s. 57.

Työterveyslaitos, (2018) Tuki- ja liikuntaelinvaivoihin vaikuttavat tekijät, verkkosivu Saatavissa (viitattu 16.3.2018): <https://www.ttl.fi/tyontekija/tuki-liikuntaelinten-terveys/tule-vaivoihin-vaikuttavat-tekijat/>

Wood, D. C., (2012) Principles of Quality Costs: Financial Measures for Strategic Implementation of Quality Management, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, s. 1–2.

